

eSALENG

Revista Eletrônica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium - Araçatuba (São Paulo)

ISSN 2448-1432



**Attribution-NonCommercial 4.0
International (CC BY-NC 4.0)**

2020 - nº 9

Editorial

O ano de 2020 foi atípico, em todos os sentidos. Não há como não mencionarmos o fato de que a pandemia trouxe não apenas um cenário internacional bastante triste mas, também, uma série de novos desafios que se impuseram.

Entretanto, felizmente, conseguimos chegar até o final de 2020 com os “TCC” – ***trabalhos de conclusão de curso*** sendo apresentados por nossos acadêmicos e docentes. E, com isto, as publicações dos respectivos artigos.

Este número da eSALENG é vitorioso, porque tanto a gestão do Unisalesiano, partindo-se da Reitoria, da Vice-Reitoria, assim como das respectivas Coordenações pedagógicas, bem como pessoal técnico, administrativo e de apoio, corpo docente e, principalmente, os acadêmicos, souberam e conseguiram literalmente ‘chegar lá’.

Assim sendo, damos seguimento nesta publicação, novamente incentivando, motivando e reforçando nossa comunidade acadêmica salesiana sobre a importância que a Educação e a Ciência representam para o cenário nacional e internacional.

A publicação científica ainda é um dos registros mais nobres e confiáveis, resultado do esforço de dezenas, centenas e até de milhares de pessoas que se empenham, ainda em dias de crise, para trazerem à luz da Ciência conhecimentos e tecnologias para o bem estar social e humano terrestre.

Neste sentido, as Engenharias continuam sendo um ponto basilar, uma fonte de inspiração para nossos jovens a prosseguirem carreira, inspirada sempre nos valores de Dom Bosco, expresso nesta máxima: “bons cristãos e honestos cidadãos”.

Sumário

Engenharia Civil

A relevância do cálculo do BDI na composição do preço das obras na construção civil	4
--	----------

Reicton Rilder Guerino, Giuliano Mikael Tonelo Pincerato

Análise Computacional e Experimental do Nível de Segurança de Obras Residenciais Realizadas Fora dos Padrões Normativos	20
--	-----------

Diego Ono dos Santos, Pedro Henrique Moraes Rocha² Victor Hugo Sande Duarte, André Luís Gamino

Análise da substituição do agregado graúdo por RCC Classe A na composição do concreto através de ensaios experimentais comparativos de resistência mecânica à tração e à compressão	45
--	-----------

Fernando Eduardo Simões, Flavio Osorio Garcia, Reinaldo Alves Nogueira Neto, Samuel Silva Amado, André Luis Gamino

Análise das propriedades físicas e mecânicas do Concreto autoadensável	64
---	-----------

Diego de Lima Rodrigues, Jhessica Glaucia Ribeiro Garçone, Plínio Delano Francisco Nunes, André Luis Gamino

Análise experimental da resistência mecânica de argamassas convencional, industrializada e polimérica aplicadas em tijolos solo-cimento	89
--	-----------

Caroline Nobre Santos, Gabriel de Carvalho Raimundo¹ Humberto Luis Cunha Sousa, Ágatha Stela de Moraes, André Luís Gamino

Análise experimental da viabilidade da adição de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar na produção de concretos estruturais como forma de redução do percentual de agregados miúdos	112
---	------------

Amanda Guerra, Luah Camargo, Mariana Oliveira, André Luis Gamino

Engenharia Elétrica

A atuação das subestações no Sistema Elétrico de Potência	130
--	------------

Luís Filipe Gonçalves de Campos, Giuliano Pierre Estevam

A inclusão da tecnologia da Smart Grid para o desenvolvimento do Brasil	142
--	------------

Gabriela Fuzetti Chagas, Kelvin Bianchini Cavallari, Paula Daiane Lacerda de Souza, Rafael de Souza Silva, Solito Fernandes da Silva, Carolina Iovance Golfieri, Thiago Santana Aranha

A importância da norma ABNT NBR 5410 nas instalações elétricas	160
---	------------

Alessandra Meiko Isami, Edivaldo Bis

Engenharia Mecânica

Desenvolvimento de dispositivo para transporte, elevação e rotação de tambores 172

Alisson Henrique Harada Teixeira, Bruno Heib Bértoli, David Guilherme de Oliveira Zago, Fernando Gratão Barbosa, John Lucas Nobrega de Farias Leite, Patrick Oliveira dos Santos, Vinícius Duarte Miguel, Daniel Lucas de Oliveira

Desenvolvimento de projeto de um misturador rotativo em “V” 181

Alexandre Seiji Nomura, Igor Roberto Rocha, Luís Fernando Rodrigues Viudes, Thalles Gabriel da Silva Souza, Fernando Gabriel Eguia Soares Pereira

Projeto e Construção de um Kart Cross 194

Caio Rafael de Almeida Canhada, Claudio Marins de Souza Junior, Guilherme Motta da Conceição, Rodrigo Arias da Silva, Fernando Gabriel Eguia Pereira Soares

Engenharia Mecatrônica

Automação de Hortas Hidropônicas 206

Gabriel Lucas Vitola1 Rafael Silva Alves, Amadeu Zanon Neto

Sistema Automatizado de Controle de Umidade do Solo para plantio 219

Alessandro Junio da Cruz, Ary Victor Della Colleta, Gabriel Teles Toldato, Clovis Kiyoshi de Assis Siva, Amadeu Zanon Neto

A relevância do cálculo do BDI na composição do preço das obras na construção civil

The relevance of the BDI calculation in the price composition of construction works

Reicton Rilder Guerino¹

Giuliano Mikael Tonelo Pincerato²

RESUMO

O orçamento é uma etapa muito importante para qualquer tipo de construção, independentemente do seu porte. Por isso as construtoras, incorporadores e empresas de construção civil, necessitam de um profissional que seja capaz de organizar, elaborar orçamentos, planejar os custos de um determinado empreendimento gerindo o caixa de forma correta. Dois componentes determinam o preço final de uma obra: os custos diretos, que são determinados em função das especificações dos materiais e das normas de execução dos serviços constantes nos projetos, nos memoriais descritivos e no caderno de encargos, e o BDI, que engloba todas as despesas indiretas e o lucro das construtoras devendo ser calculado de maneira cautelosa, pois um erro pode acarretar grandes prejuízos às empresas. Este trabalho visa demonstrar a importância do cálculo e aplicação correta da taxa BDI nos orçamentos, além de analisar o nível de conhecimento dos agentes responsáveis por algumas construtoras e também de profissionais liberais que participam de obras públicas, independente do tipo e porte delas. As empresas e profissionais são das cidades de Araçatuba e Birigui no Estado de São Paulo. A realização deste trabalho foi baseada na elaboração e aplicação de um questionário com 17 perguntas, na forma de entrevista com respostas pré-definidas para que não houvesse uma ampla divergência nos resultados, o que dificultaria a análise dos dados obtidos. As entrevistas foram realizadas com 20 empresas e profissionais liberais das referidas cidades entre os dias 15/09/2019 a 15/10/2019. Como resultado pode-se evidenciar que todas as empresas têm conhecimento sobre os conceitos do BDI e seu grau de importância para a elaboração dos seus orçamentos. Também ficou claro que os órgãos públicos pecam com a má elaboração dos anteprojetos e projetos a serem licitados, o que prejudica as empresas na composição correta do BDI bem como no resultado final dos orçamentos apresentados. Além disso, pode-se constatar que as taxas e impostos foram apontados por todos os entrevistados como sendo um dos principais fatores que influenciam no valor final do BDI. Outros aspectos que também influenciam nos cálculos são os seguros, os riscos, as despesas financeiras, a administração central, a localização e o porte da obra, o faturamento e a saúde financeira da empresa, bem como o prazo de execução das mesmas. As empresas também apontaram que a margem de lucro e o percentual do BDI apresentados pelos órgãos controladores estão próximos dos valores operados por eles, mesmo que para isso não haja normas apenas sugestões. Por fim a grande maioria dos entrevistados acredita que se houvesse uma normatização da forma de calcular do

¹ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium - Araçatuba/SP

² Mestre em Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium - Araçatuba/SP. Orientador de Estágio Supervisionado em Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium - Araçatuba-SP.

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.9. no. 1, 2020.

BDI, talvez fosse possível diminuir a dificuldade na hora de executar tais procedimentos bem como equalizar as chances de todos os participantes dos processos licitatórios.

Palavras-chave: BDI, orçamento, composição de cálculo, preço de venda.

ABSTRACT

Budget is a very important step for any type of building, reducing its size. Therefore, as builders, developers and construction companies, professional users who can organize, budget, plan the costs of a particular project generating or cash correctly. Two components determine the final price of a work: the direct costs, which are defined according to the material specifications and the standards of execution of the services contained in the projects, the description sheets and the specifications, and the BDI, which includes all indirect expenses and the profit of construction companies, and should be calculated with caution, as an error can cause large losses to companies. This paper aims to demonstrate the importance of calculating and correctly applying BDI taxes in budgets, as well as analyzing the level of knowledge of agents responsible for some builders and also professionals who perform public works, regardless of their type and size. The companies and professionals are the cities of Araçatuba and Birigui in the state of São Paulo. The accomplishment of this work was used in the elaboration and application of a questionnaire with 17 questions, in the form of interviews with pre-applied answers so that there was not a wide divergence in the results, or that hinders the analysis of the used data. The interviews were conducted with 20 companies and professionals from the cities between 15/09/2019 and 15/10/2019. As a result it can be evidenced that all companies have knowledge about the BDI concepts and their degree of importance for the preparation of their budgets. It was also clear that the public agencies sin with the poor elaboration of the preliminary projects and projects to be bid, which damages the companies in the correct composition of BDI as well as in the final result of the presented budgets. In addition, it can be seen that the rates and taxes were pointed by all respondents as one of the main factors that influence the final value of BDI. Other aspects that also influence the calculations are the insurance, the risks, the financial expenses, the central administration, the location and the size of the work, the invoicing and the financial health of the company, as well as the execution period. The companies also pointed out that the profit margin and the percentage of BDI presented by the controlling agencies are close to the values operated by them, even if there are no rules just suggestions. Finally, the vast majority of respondents believe that if there was a standardization of the BDI method of calculation, it might be possible to reduce the difficulty in performing such procedures and to equalize the chances of all participants in the bidding process.

Keywords: BDI, budget, calculation composition, selling price.

Introdução

A construção civil é responsável por uma grande parcela da contratação de mão de obra no Brasil. De acordo com Andretta (2019), a construção civil teve um crescimento de 2% em relação ao mesmo período do ano passado, motivado pela recuperação da construção imobiliária e pelo consumo familiar de materiais de construção, devido ao controle da inflação.

Com toda essa perspectiva é preocupante, ainda nos dias de hoje, o número de obras públicas paradas, por falta de recursos, seja pelo descontrole dos governantes ou pelo erro grave cometido na confecção dos projetos e orçamentos. De acordo com Mattos (2006), as empresas costumam utilizar valores de obras concluídas para fazer novos orçamentos, apresentam valores totalmente fora da realidade em licitações. Até mesmo no setor privado, por vezes, os orçamentos não são feitos de maneira analítica e detalhada, o que pode levar a um erro grosseiro no valor inicialmente estimado para a conclusão da obra.

Segundo Dias (2008), as escolas de engenharia graduam os alunos de forma ampla, técnica, porém, sem se aprofundar e nem se preocupar com algumas especialidades, como por exemplo, a orçamentação.

Há diferentes formas de se calcular um orçamento, desde as mais simples e manuais até as mais sofisticadas elaboradas com o auxílio de programas computacionais, o importante é o produto final, o preço unitário ou global do serviço.

De acordo com Martins; Rocha (2010), fazer simulações de métodos construtivos diferentes, de custos, de equipamentos e alternativas para diminuir os custos na execução da obra pode ser um diferencial na hora ganhar ou perder uma concorrência. Um bom orçamentista deve ter certo grau de experiência e conhecimento sobre como executar os serviços, caso contrário, se faz necessário trabalhar sempre em equipe, buscando um *feedback* de coordenadores ou de engenheiros com experiência em campo.

Os documentos necessários para a confecção do orçamento são além dos projetos executivos de toda obra com todos seus elementos, o memorial descritivo, sua definição, e os critérios de medição.

Para Mattos (2006), a orçamentação é uma das principais áreas no negócio da construção. Um bom orçamentista deve conhecer detalhes do serviço, pois deve interpretar os desenhos, planos e especificações da uma obra, para estabelecer a melhor maneira de realiza cada tarefa dentro de uma obra, identificar as dificuldades de cada serviço e conseqüentemente seus custos de execução.

Alguns parâmetros não podem ser determinados com exatidão, como as intempéries do tempo, condições do solo, disponibilidade de materiais, flutuações na produtividade dos operários e paralisações entres outros.

O orçamento para a execução de obra e serviços na construção civil é composto pela quantificação dos serviços e formação dos preços dos serviços: coeficientes de produtividade, materiais, equipamentos, mão de obra, leis sociais, e pelo BDI.

É exatamente neste último quesito, que os órgãos públicos, as empresas construtoras, empresas de engenharia consultiva e os profissionais da área de engenharia, seja por desconhecimento da boa técnica da engenharia de custos, pela ausência de normas técnicas, pela falta de matéria adequada na graduação de engenharia e arquitetura ou pela literatura insuficiente sobre o tema, acabam por utilizar o conceito de BDI de maneira errada (DIAS, 2008).

No campo profissional de uma construção há muitas variáveis implícitas no cálculo de formação de preços, principalmente no preço de venda, dentre elas estão leis e tributos obrigatórios que devem ser inseridos no cálculo final.

Segundo Dias (2008) os tributos são os grandes “mistérios” que fazem parte do complexo BDI, este foi retirado do cálculo do orçamento das obras e minimizado pelos administradores públicos, que por falta de conhecimento técnico no campo da engenharia, faz com que eles não entendem sua real contribuição. O resultado disso são os preços baixos aplicados em concorrências, e conseqüentemente a má qualidade na realização das construções, bem como o prejuízo ao erário público ou privado.

Dias (2008) ainda destaca que o percentual do BDI tem que ser calculado de maneira técnica e de acordo com o que determina a engenharia de custos, da mesma forma para os órgãos públicos contratantes de serviços de engenharia, mesmo que para estes exista como referência a Lei Nº 8.666/1993, lei das licitações públicas, que admite fixar o percentual de BDI, desde que seguindo as técnicas da engenharia de custos.

Para Freires; Pamplona (2005) as empresas ao realizar um orçamento são reféns da concorrência. Muitos agem por impulso acompanhando o movimento do mercado e ajustam seus preços de acordo com ações de concorrentes. Desta forma a empresa pode estar se baseando nos custos da concorrência e não nos seus, ou ainda estar trabalhando com preços defasados, o que a leva a resultados inesperados.

A concorrência acirrada cega, o que pode provocar a corrosão da cadeia como um todo. Evidentemente, o empresário não pode cometer o erro de desprezar a concorrência, acreditar que outras empresas não são capazes de trabalhar da mesma forma, ou melhor, do que ele. Muitos são pegos de surpresa e quando percebem não há como salvar a situação. A concorrência pode ser sadia, desde que as empresas não se acomodem.

De acordo com Freires; Pamplona (2005) não se deve aplicar um BDI médio para todos os serviços, pois isso pode acarretar prejuízos e até mesmo perda de mercado, uma vez que a maioria das empresas que trabalham dessa forma não olha a flexibilidade de cada produto ou cliente, ficando à margem do que pode ser explorado. Como consequência, não há a homogeneização das margens, isto é, um serviço sai muito caro outro muito barato e de uma forma geral ocorrem perdas. É preciso conhecer detalhadamente o que o mercado está disposto a pagar e quais são realmente os custos relativos ao tipo de serviço ou cliente.

Exatamente pelo fato do BDI não poder ser equalizado, é que ocorrem os maiores erros em sua aplicação, devido ao fato dele ser um percentual a ser aplicado ao custo direto durante a orçamentação das obras.

Materiais e métodos

Para a elaboração deste trabalho, foram consultados livros de autores renomados sobre o assunto, como Maçahico Tisaka e Paulo Roberto Vilela Dias entre outros, algumas leis relacionadas ao assunto, além de publicações do IBEC e do TCU, a fim de se obter um embasamento teórico de relevância sobre o tema BDI e a maneira de como calculá-lo.

Também foi elaborado um questionário contendo 17 perguntas com respostas pré-definidas sobre o tema, o travamento das respostas se fez necessário para que houvesse a possibilidade de analisar os dados obtidos com a redução de uma provável disparidade das mesmas. Todas as questões foram retiradas de assuntos abordados dentro deste trabalho, com isso, as referências bibliográficas também são as mesmas. O quadro abaixo apresenta os itens de referência ligados às perguntas, dentro do trabalho científico, bem como o objetivo a ser alcançado com tal questionamento.

Questão	Objetivo	Bibliografia	Item da Referência Bibliográfica
1	Avaliar a importância do BDI calculado para cada obra.	DIAS, 2011	4.1
2	Avaliar o conhecimento dos calculistas quanto aos itens que dever ser computados nos cálculos.	MATTOS, 2006 DIAS, 2011 TISAKA, 2011	4.2.1 - 4.2.2 - 4.2.3 - 4.3
3	Analisar quanto os impostos interferem no valor final do BDI.	MATTOS, 2006 DIAS, 2017 TISAKA, 2011	4.3.1 - 4.3.3
4	Analisar a opinião dos empresários quanto à recomendação do TCU referente ao lucro.	TCU Acórdão nº 2369-2011	4.4
5	Verificar o percentual médio de lucro adotado pelas empresas.	DIAS, 2017 TISAKA, 2011	4.3.5
6	Verificar a fórmula do BDI adotada pelas empresas.	TCU Acórdão nº 2369-2011 DIAS, 2017	4.4 - 4.5
7	Verificar o BDI médio adotado pelas empresas.	TCU Acórdão nº 2369-2011	4.4
8	Analisar o de detalhamento do orçamento apresentado pelos órgãos públicos.	Lei 8666/93 DIAS, 2010 MATTOS, 2006	4.1 - 4.2 - 4.3
9	Analisar o de detalhamento do anteprojeto apresentado pelos órgãos públicos.	Lei 8666/93 DIAS, 2010 MATTOS, 2006	4.1 - 4.2 - 4.3
10	Verificar se o BDI de referência, apresentado nas licitações, está próximo da realidade das empresas.	TCU Acórdão nº 2369-2011	4.4
11	verificar quanto ao faturamento	DIAS, 2011	

	da empresa interfere no calculo do BDI.		4.3.2 – 4.7
Continuação...			
12	Verificar quanto saúde financeira da empresa interfere no calculo do BDI	DIAS, 2011	4.3.2 – 4.7
13	Verificar quanto tipo e o porte da obra interferem no calculo do BDI	DIAS, 2011 MATTOS, 2006 TISAKA, 2006	4.2 – 4.2.1 – 4.2.2 – 4.2.3
14	Verificar quanto à localização da obra interfere no cálculo do BDI	DIAS, 2011 TISAKA, 2006	4.2 – 4.2.1 – 4.2.2 – 4.2.3
15	Verificar quanto o prazo de execução da obra interfere no calculo do BDI	DIAS, 2011 TISAKA, 2006	4.3.4
16	Verificar a importância do cálculo do BDI para as empresas	DIAS, 2008 TISAKA, 2006	1
17	Avaliar o grau de dificuldade das empresas em calcular o BDI devido à falta de normatização	TISAKA, 2006 DIAS, 2008 MATTOS, 2006 LEI 8666/93	3

Foram selecionadas algumas construtoras e engenheiros civis autônomos, que atuam em diversos setores da construção civil das cidades de Araçatuba e Birigui no estado de São Paulo, para aplicação do questionário na forma de entrevista. As perguntas podem ser verificadas na íntegra no apêndice A do TCC.

Em nenhum momento foram mencionados ou divulgados os nomes das empresas ou responsáveis por elas e nem mesmo dos profissionais liberais que participaram do trabalho a fim de proteger suas opiniões e metodologias profissionais.

As entrevistas foram realizadas de 15/09/2019 a 15/10/2019 em seguida foi feito o levantamento e análise dos dados obtidos para discussão e conclusão deste trabalho.

Resultados e discussões

De acordo com as entrevistas pode-se evidenciar que 80% das empresas consideram a importância do BDI no ato da confecção dos seus orçamentos, como esclarecido por Dias (2017), e apenas 20% compreende a importância, porém, afirmam este não ser o principal ponto a ser abordado.

Com relação ao cálculo do BDI, 65% dos entrevistados concordam com Dias (2008), que afirma que o BDI deve ser calculado obra a obra. Porém na prática, esses valores são assumidos com base em obras anteriores de padrão similar, o

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.9. no. 1, 2020.

que pode trazer prejuízos aos construtores e até mesmo comprometer o prazo de execução da obra e até mesmo a falta de verbas para sua execução completa dela.

Todos os entrevistados afirmaram utilizar a fórmula informada pelo TCU segundo acórdão nº 2622/2013, quando se referem a obras públicas, pois ela não contempla a margem de comercialização. Porém quando são obras particulares, a formulação é outra.

Apenas 53% das empresas entrevistadas, disseram que o percentual do lucro proposto pelo TCU no acórdão 2622/2013, que varia de 6% a 9%, é aceitável para obras realizadas na região. Apenas 16% conseguem atuar com valores da ordem de 10% a 20, como mostrado no gráfico 1 abaixo.

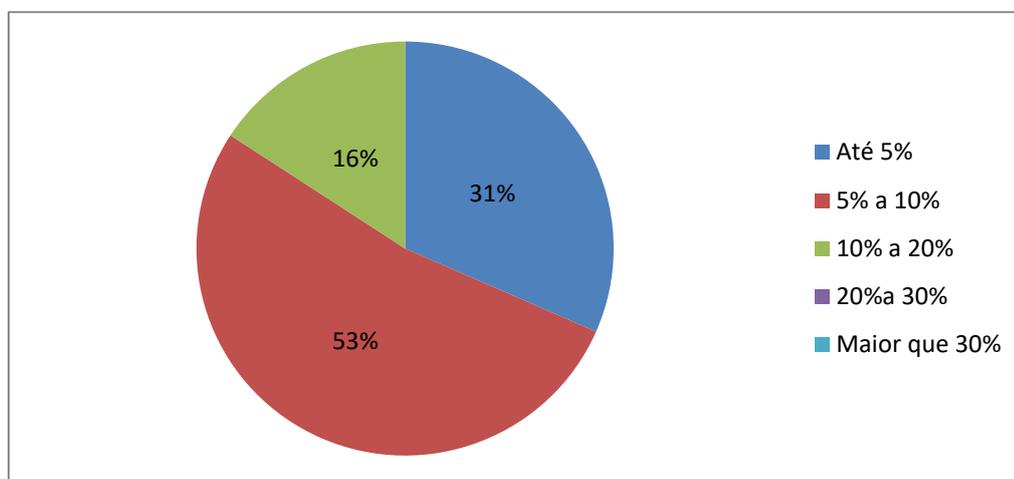


Gráfico - 1: Lucro das Empresas

Fonte: Autores

O BDI médio utilizado também segue o proposto pelo TCU, que varia de 20% a 25%, pois 60% das empresas utilizam uma taxa que varia de 20% a 30%. Outros 15% trabalham com percentuais superiores e nenhuma delas trabalha com esse percentual abaixo dos 10%, como demonstra o gráfico 2.

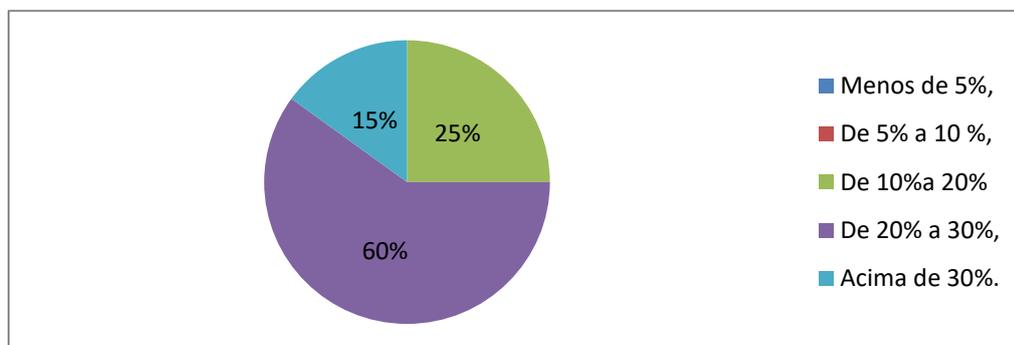


Gráfico - 2: BDI Médio

Fonte: Autores

Das empresas entrevistadas, 85% concordam que o percentual do BDI proposto pelos órgãos públicos se aproxima dos valores calculados por elas. Outros 15% alegam que o valor fica abaixo do calculado.

De acordo com Tisaka (2006) alguns itens devem ser contabilizados quanto ao cálculo do BDI. Com o intuito de avaliar os conhecimentos referentes ao assunto, foram incluídos dois itens, mobilização e desmobilização e mão de obra, que são custos diretos. Desta forma, foram questionados quais valores são computados como despesas indiretas. Todas as empresas definiram a presença das despesas financeiras, da administração central, dos impostos, seguros e riscos. Quanto à mão de obra e a mobilização e desmobilização, ficaram de fora, corretamente, como mostra o gráfico 3.

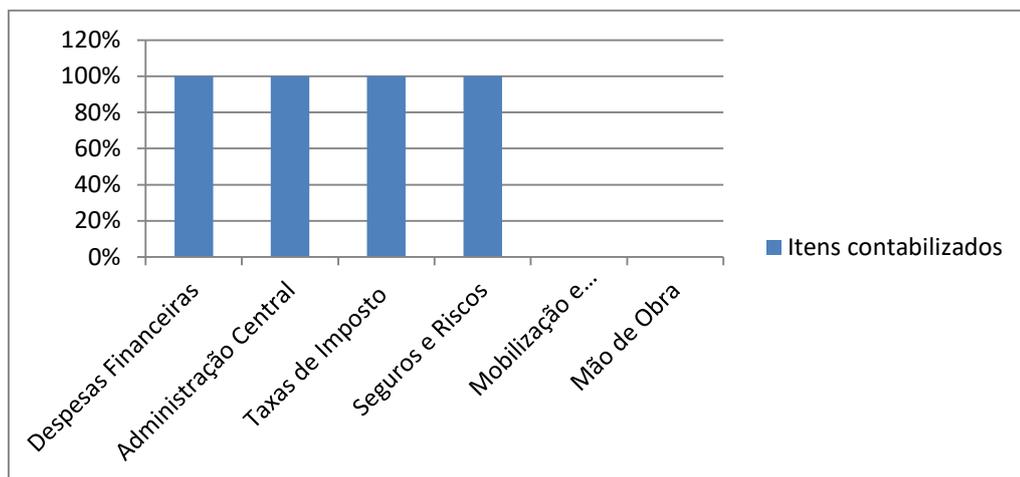


Gráfico - 3: Itens contabilizados

Fonte: Autores

Também foram questionados itens que interferem na composição do BDI, 100% dos entrevistados apontaram que as taxas referentes aos impostos interferem muito no cálculo. O gráfico 4 demonstra que 70% das empresas afirmaram que os seguros, riscos e imprevistos interferem pouco, apenas 30% disseram que interferem razoavelmente. As despesas financeiras interferem pouco para 40% dos entrevistados, já 60% afirmaram que interfere razoavelmente. A administração central foi apontada por 80% das empresas por interferir muito e apenas 20% disseram que ela interfere razoavelmente, também o faturamento foi apontado por 65% empresas por interferirem muito no cálculo do BDI, pois quanto

maior for o faturamento da empresa menor será o rateio da administração central, e apenas 35% disseram que interfere razoavelmente.

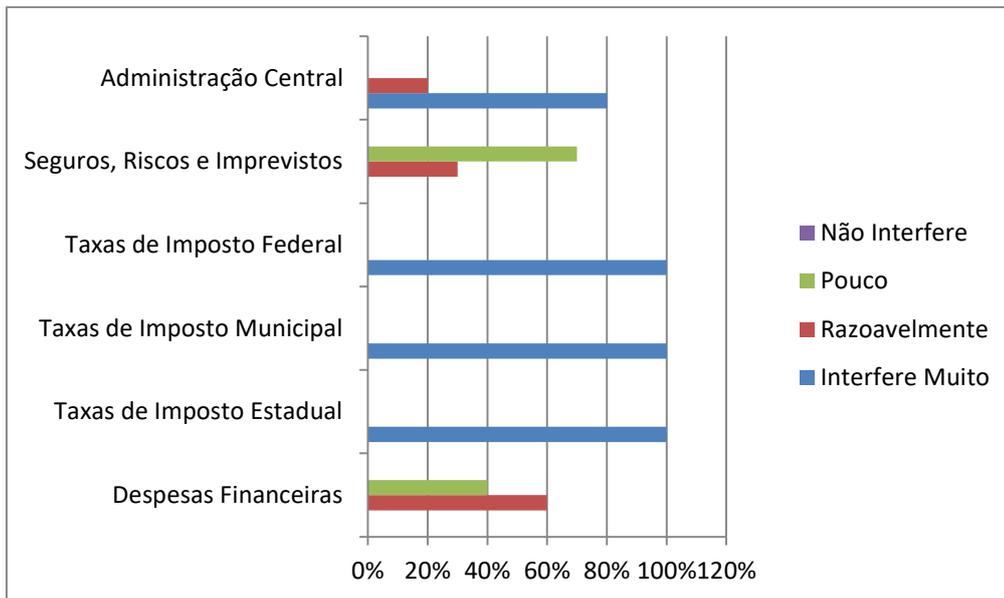


Gráfico - 4: Taxas que interferem na variação do BDI
 Fonte: Autores

Da mesma forma a saúde financeira da empresa foi citada por 40% das empresas por interferir muito, pois quando necessário, a aquisição de empréstimos para executar a obra, estes devem ser repassados aos custos. Porém 60% das empresas disseram ser razoável a interferência desse elemento.

De acordo com Tisaka (2006) o tipo e o porte da obra também podem apresentar interferências no cálculo do BDI, porém, de acordo com o gráfico 5, apenas 20% das empresas disseram interferir muito, a grande maioria 60%, disseram que interfere pouco.

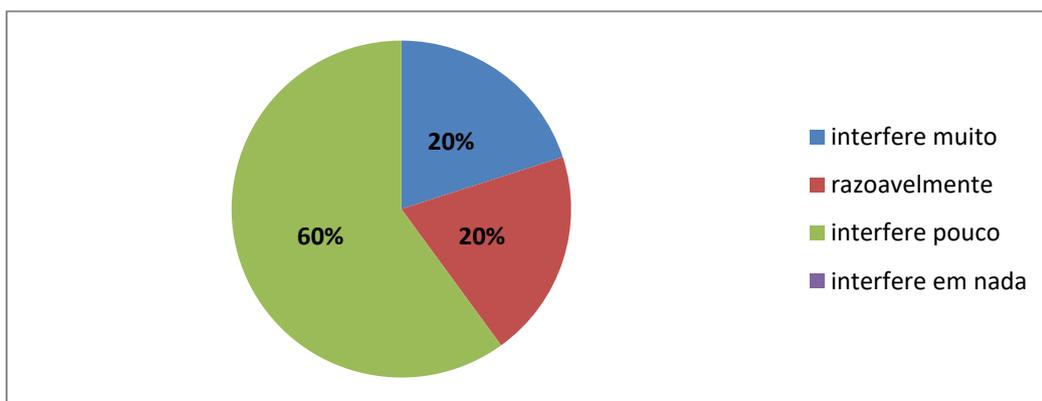


Gráfico - 5: Tipo e Porte da Obra
 Fonte: Autores

Ainda Tisaka (2006) diz que a localização da obra também pode interferir no cálculo do BDI, porém apenas 20% das empresas alega que este item interfere muito, a maioria 45% diz que interfere pouco, vide gráfico 6.

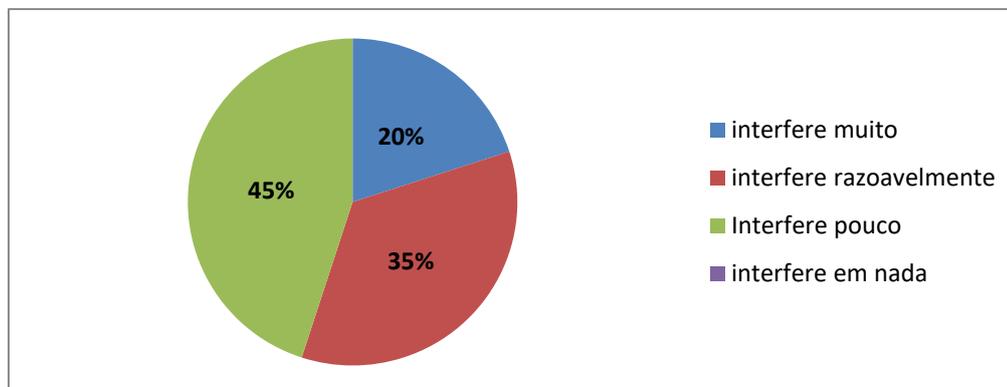


Gráfico -6: Localização da Obra
Fonte: Autores

O prazo de execução da obra foi citado por 65% das empresas por interferir pouco, contudo Tisaka (2006) diz que o atraso no prazo de execução das obras pode gerar imprevistos que não estavam constantes nas planilhas orçamentárias. Apenas 30% disseram que esse atraso interfere razoavelmente nos custos.

O gráfico 7 mostra que das empresas que participam de licitações, 60% informaram que o anteprojeto elaborado é regular e 40% indica que este é mal elaborado, o que pode trazer grandes transtornos a todos visto que posteriormente podem ser necessários aditivos contratuais, o que pode acarretar atrasos nas obras além de dificultar a fiscalização no que se refere à idoneidade da execução da obra.

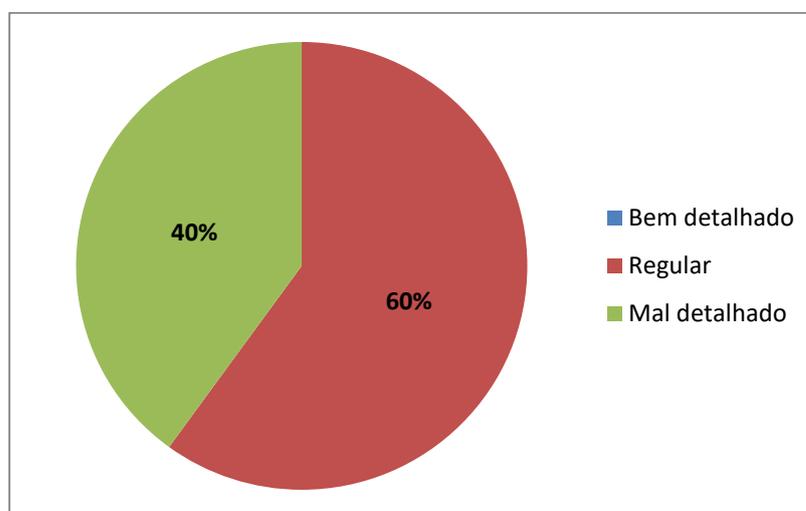


Gráfico - 7: Detalhamento do Anteprojeto

Fonte: Autores

Da mesma forma o gráfico 8 mostra que outro fator também apontado por 70% das empresas e avaliado como mal elaborado, foi o nível de detalhamento dos orçamentos, tal elemento pode induzir as empresas participantes das licitações a cometerem erros ao apresentarem suas propostas, da mesma forma que o anteprojeto.

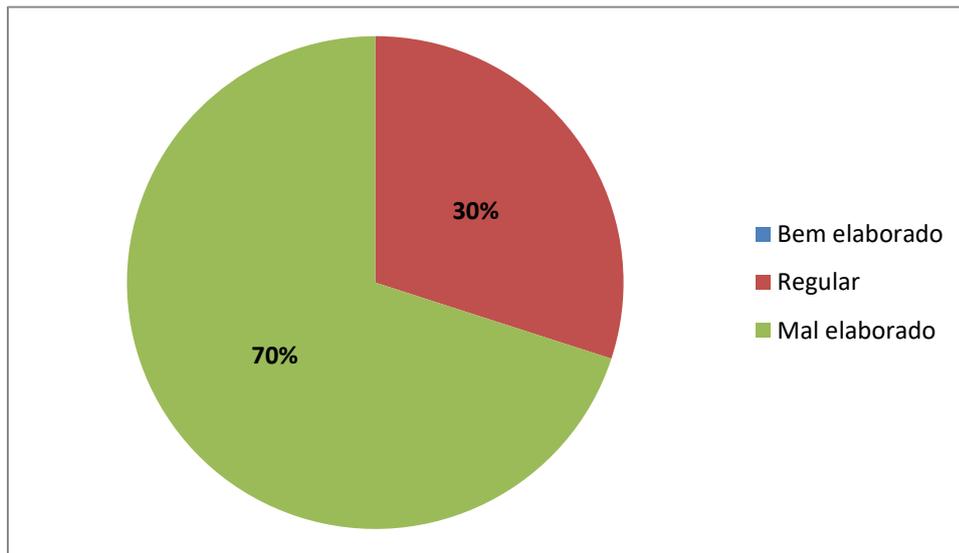


Gráfico - 8: Detalhamento do Orçamento

Fonte: Autores

Como não há uma norma que regulamente a formulação para o cálculo do BDI, existem apenas sugestões como é o caso do acórdão 2622/2013 do TCU e das literaturas do IBEC. A grande maioria das empresas, 80%, acredita que seria bom se houvesse tal regulamentação, o que poderia reduzir uma provável margem de erros e talvez uma melhor equalização dos valores.

Conclusões

Como resultado pode-se evidenciar que todas as empresas têm conhecimento sobre os conceitos do BDI e seu grau de importância para a elaboração dos seus orçamentos. Também ficou claro que os órgãos públicos pecam com a má elaboração dos anteprojetos e projetos a serem licitados, o que prejudica as empresas na composição correta do BDI bem como no resultado final dos orçamentos apresentados. Além disso, pode-se constatar que as taxas e impostos foram apontados por todos os entrevistados como sendo um dos principais fatores que influenciam no valor final do BDI. Outros aspectos que também influenciam nos cálculos são os seguros, os riscos, as despesas financeiras, a administração central, a localização e o porte da obra, o faturamento e a saúde financeira da empresa, bem como o prazo de execução das mesmas. As empresas também apontaram que a margem de lucro e o percentual do BDI apresentados pelos órgãos controladores estão próximos dos valores operados por eles, mesmo que para isso não haja normas apenas sugestões. Por fim a grande maioria dos entrevistados acredita que se houvesse uma normatização da forma de calcular do BDI, talvez fosse possível diminuir a dificuldade na hora de executar tais procedimentos bem como equalizar as chances de todos os participantes dos processos licitatórios.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Lei 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da administração pública e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 22 jun. 1993, p. 8269.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm

BRASIL. Lei 9249, de 27 de dezembro de 1995. Art. 15 altera a legislação do imposto de renda das pessoas jurídicas, bem como da contribuição social sobre o lucro líquido, e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 27 de dez. 1995, P. 22301.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9249.htm

BRASIL. Lei 9648, de 27 de maio de 1998. Art. 1º altera dispositivos da Lei 8666/93 entre outras. Diário Oficial da União, de 27 de maio de 1998, P. 1.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9648cons.htm

BRASIL. Lei 9.718, de 27 de novembro de 1998. Art. 8º eleva para três por cento a alíquota da COFINS, bem com altera a legislação tributária federal. Diário Oficial da União, de 28 de nov. de 1998, P. 2.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9718.htm

BRASIL. Lei 7787, de 30 de junho de 1989. Dispõe sobre alterações na legislação de custeio da Previdência Social e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 03 de julho de 1989 P. 10777.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7787.htm

BRASIL. Lei 12546, de 14 de dezembro de 2011. Altera a incidência das contribuições previdenciárias devidas pelas empresas que menciona. Diário Oficial da União, 15 de dezembro de 2011, P. 3.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2011/lei/l12546.htm

BRASIL. Lei 12844, de 19 de julho de 2013. Dispõe sobre a desoneração da folha de pagamento na construção civil entre outros. Diário Oficial da União, 19 de julho de 2013, P. 1 Edição Extra.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2011-2014/2013/Lei/L12844.htm

DIAS, Paulo Roberto Vilela, **Novo Conceito de BDI**. IBEC, 3. ed. Rio de Janeiro, 2008. 104 p.

DIAS, Paulo Roberto Vilela, **Engenharia de Custos: metodologia de orçamentação para obras civis**. IBEC, 9. ed. Rio de Janeiro, Brasil, 2011, 219 p.

DIAS, Paulo Roberto Vilela, **Engenharia de Custos: Novo Conceito de BDI**. IBEC, 5. ed. Rio de Janeiro, Brasil, 2017, 79 p.

ANDRETTA, Felipe. **Casa própria faz construção crescer 2%, 1º resultado positivo em 5 anos**. UOL – Economia, São Paulo, 29/08/2019, [Acesso em: 20/09/2019], Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2019/08/29/pib-2-trimestre-construcao-recuperacao.htm?cmpid=copiaecola>

FREIRES, Alécio Pinheiro e PAMPLONA, Edson de Oliveira, **Um Enfoque no BDI de Empresas Construtoras de Pequeno Porte Com a Utilização das ferramentas de Custeio ABC/ABM**, In: IX Congresso Internacional de Custos, Florianópolis, 2005

HUBAIDE, Eduardo Jorge, Dissertação: **Estudo do BDI sobre o preço de obras empreitadas**, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, fevereiro de 2012, 100 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE CUSTOS. OT-004/2012-IBEC: **Elaboração de Estimativas de Custos de Referências de Obras Públicas - Versão para Órgãos Contratantes**. Rio de Janeiro, 2012.

MARTINS, Eliseu e ROCHA, Wellington, **Métodos de custeio comparados: custos e margens analisados sob diferentes perspectivas**, São Paulo: Atlas, 2010.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. São Paulo: Pini, 2006. 281 p.

SILVA, Cássia Coutinho. **Resposta ao pedido de esclarecimento.** Concorrência nº 009/2015. SENAI/PE. Recife. 2015, [Acesso em 14/10/2019], Disponível em: http://www.pe.senai.br/static/media/licitacoes/RESPOSTAS%20AO%20ESCLARECIMENTO_2.pdf

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução.** São Paulo: Pini, 2006. 369 p.

TISAKA, Maçahico. **Norma Técnica para elaboração de orçamento de obras de construção civil.** Instituto de Engenharia, 2011, 151 p.

Tribunal de Contas da União. **Acórdão n.º 2369/2011**, Brasília, 31 de agosto de 2011. Disponível em: https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/#/documento/acordao-completo*/NUMACORDAO:2369%20ANOACORDAO:2011%20COLEGIADO:%22Plen%C3%A1rio%22/DTRELEVANCIA%20desc,%20NUMACORDAOINT%20desc/0/%20

Tribunal de Contas da União. **Acórdão n.º 2622/2013**, Brasília, 25 de Setembro de 2013. Disponível em: https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/#/documento/acordao-completo*/NUMACORDAO:2622%20ANOACORDAO:2013%20COLEGIADO:%22Plen%C3%A1rio%22/DTRELEVANCIA%20desc,%20NUMACORDAOINT%20desc/0/%20

Análise Computacional e Experimental do Nível de Segurança de Obras Residenciais Realizadas Fora dos Padrões Normativos

Computational and Experimental Analysis of the Safety Level of Residential Constructions Performed Outside Normative Standards

Diego Ono dos Santos¹
Pedro Henrique Morais Rocha²
Victor Hugo Sande Duarte³
André Luís Gamino⁴

RESUMO

Muitas obras de concreto armado ainda são executadas sem a presença de profissional capacitado e em desconformidade com relação às recomendações normativas, como por exemplo, com o emprego de elementos estruturais com dimensões inferiores das mínimas exigidas e a utilização das alvenarias como forma de suporte para a estrutura de concreto. Consequentemente, os pórticos acabam se tornando extremamente flexíveis, com baixa rigidez e conectados às alvenarias, o que pode gerar, em alguns casos, a transferência total ou parcial dos esforços para os painéis de alvenaria abaixo das vigas, que em princípio, deveriam ter função apenas de vedação. Deste modo, este trabalho teve como objetivo o estudo das interações entre os elementos estruturais de concreto armado e alvenaria cerâmica de vedação em obras residenciais de até dois pavimentos em desconformidade às normas técnicas da ABNT. Em vista disso, foram feitas análises computacionais e experimentais com o intuito de avaliar como se dá o caminhamento de cargas neste sistema estrutural. Para tanto, utilizou-se o software SAP2000, onde foram simuladas as rigidezes dos elementos com dimensões em desconformidade com as normas e, desta maneira, foi possível observar que, devido à grande deformação, foram transferidas tensões às alvenarias de vedação. Para verificar qual o nível de segurança dessa forma de edificação, foi feito o estudo de um modelo de sobrado unifamiliar utilizando-se o *software* TQS, que em primeiro momento foi realizado em concreto armado e nas conformidades das normas ABNT, com o intuito de demonstrar que os valores mínimos prescritos pela NBR 6118 (2014) são suficientes para garantir a segurança da edificação. Em uma segunda situação, a construção foi efetuada em solução de alvenaria estrutural, entretanto, com a utilização de blocos de vedação cerâmicos em detrimento do bloco estrutural, com a finalidade de obter os esforços máximos atuantes nas alvenarias e compará-los com a resistência encontrada via ensaio de caracterização dos blocos cerâmicos de vedação e com a resistência mínima de compressão exigida pela NBR 15812-1 (2010). Os resultados indicaram que o coeficiente de ponderação das resistências da alvenaria não foi atingido em nenhuma das situações. Portanto, uma vez que tal coeficiente não tenha sido alcançado a construção não pode ser considerada segura.

¹ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

² Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

³ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

⁴ Engenheiro Civil, Professor Doutor do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

Além disso, outro agravante é o fato deste tipo de construção geralmente não ser projetada e executada por profissional capacitado e, desta forma, não há garantia de sua segurança.

Palavras-Chave: bloco cerâmico, alvenaria de vedação, análise estrutural, interação alvenaria e estrutura.

ABSTRACT

Most of the reinforced concrete works are still performed without the presence of a qualified professional and in non-compliance with the normative recommendations, such as the use of structural elements with dimensions below the minimum required and the use of masonry as a support for concrete structures. As a result, the gantry ends up becoming extremely flexible, with low rigidity and connected to the masonry, which in some cases, may lead to partial or total transfer of stresses to the below-beam masonry panels, whose function is only sealing. Thus, this study aimed to analyze the interactions between the structural elements of reinforced concrete and sealing ceramic masonry in residential works of up to two floors in violation of ABNT technical standards. According to this, computational and experimental analysis were made in order to evaluate how the load shifting occurs in this structural system. For this purpose, the SAP2000 software was used, where the rigidity of the elements with dimensions not conforming to the standards were simulated and, therefore, it was possible to observe that due to the large deformation, stresses were transferred to the sealing masonry. To check the security level of this building, a study of a single-family residence was made using the TQS software, which was at first made of reinforced concrete and according to ABNT standards, in order to show that the minimum values prescribed by NBR 6118 (2014) are sufficient to ensure the safety of the building. In a second situation, the construction was made of structural masonry solution; however, due to the use of ceramic sealing blocks instead of the structural block in order to obtain the maximum efforts acting on the masonry and to compare them with the resistance found through characterization test of ceramic sealing blocks and with the minimum compressive strength required by NBR 15812-1 (2010). The results showed that the masonry strength weighting coefficient was not reached in any of the situations. Therefore, once such a coefficient has not been reached the construction can not be considered safe. Moreover, another aggravating issue is the fact that this kind of construction is not generally designed and performed by a qualified professional, and therefore there is no guarantee of its safety

Keywords: Ceramic Block; Sealing masonry; Structural Analysis; Masonry and Structure Interaction.

Introdução

Segundo pesquisa divulgada pelo Datafolha em 2015, mais de 80% dos brasileiros fazem obras residenciais sem a contratação de engenheiro ou arquiteto; essas construções são feitas sem embasamentos técnicos e normativos, podendo ocasionar acidentes graves.

Segundo Souza apud Santiago (2014), na maioria dos casos de acidentes ocorridos no Brasil, alguns dos fatores observados foram: concepção estrutural errônea, traço inadequado para o concreto estrutural, construção de outros pavimentos ou elementos não previstos e falta de orientação profissional.

Para evitar que tais tipos de acidentes ocorram é fundamental que, além do acompanhamento de um engenheiro ou arquiteto, a elaboração do projeto e a execução da obra também sejam embasados em conhecimentos técnicos consolidados, os quais podem ser obtidos através das normas técnicas relacionadas ao tema em questão.

Para obras residenciais as principais normas a serem utilizadas tanto para elaboração dos projetos, como para a execução, são as normas da ABNT. Como principais, tem-se a NBR 6118 (2014), a qual trata sobre elaboração do projeto estrutural de concreto armado, a NBR 15812 (2010), norma referente a elaboração do projeto de alvenaria estrutural, entre outras normas que apresentam diretrizes relacionadas aos materiais empregados, procedimentos de execução e de outros temas. Entretanto, é comum observar principalmente em obras residenciais de pequeno porte o total descumprimento das normas técnicas, tanto na fase de projeto como de execução.

Construções fora dos padrões normativos tem como principais características, segundo Carvalho (2017), o emprego de elementos estruturais de concreto armado com dimensões inferiores às mínimas exigidas por norma e ausência de verificações exatas dos Estados Limites de Serviço (ELS) e Estados Limites Últimos (ELU), além da utilização da própria alvenaria cerâmica de vedação como forma e escoramento no processo executivo de vigas e pilares.

Com isso, a qualidade final, segurança e confiabilidade do sistema são totalmente comprometidos, pois tais construções não são embasadas em conhecimentos consolidados, como os descritos nas normas técnicas.

Entretanto, existem diversas edificações no Brasil executadas dessa forma e, sendo assim, é importante investigar como se dá o real funcionamento desse sistema estrutural e qual o nível de segurança do mesmo, quando aplicado em edificações de até dois pavimentos.

Portanto, objetivo deste estudo foi analisar o nível de segurança de residências de até dois pavimentos realizadas fora das exigências normativas na situação específica em que o bloco de vedação é utilizado como elemento portante, por meio de análise computacional, com auxílio do software SAP2000 e análise experimental, através de ensaios de compressão axial dos blocos cerâmicos.

Materiais

Ensaio de Compressão Axial do Bloco Cerâmico

A lista de materiais utilizados no ensaio contém: 20 blocos cerâmicos com 8 furos; cimento tipo CP2; paquímetro com sensibilidade mínima de 0,05 mm; régua metálica com sensibilidade mínima de 0,05 mm; balança, lona plástica e óleo mineral, colher de pedreiro e espátula.

A respeito da máquina que foi utilizada para o ensaio, seu modelo é o P.C.E 100 C. A capacidade nominal do equipamento é de 1000 kN, o acionamento é hidráulico através de bomba elétrica. Em relação às características técnicas do equipamento: Altura (min/máx) - 830/1000 mm, Largura - 650 mm, Profundidade - 350 mm, Peso - 320 kgf, Altura útil de ensaio - de 200 á 360 mm, Distância entre colunas - 260 mm, Pressão de trabalho - 315 kgf/cm² a 100 tf, Curso máximo do pistão - 25 mm, Alimentação elétrica - 220 Vac, Potência máxima - 800 W.

Análise Computacional

Para análise computacional foram usados os *softwares* SAP2000 e CAD/TQS. Estes utilizam o Método dos Elementos Finitos como procedimento numérico para obtenções de resultados.

Para lançamento das estruturas foi utilizada a planta de um sobrado unifamiliar, como mostra a Figura 1 abaixo:

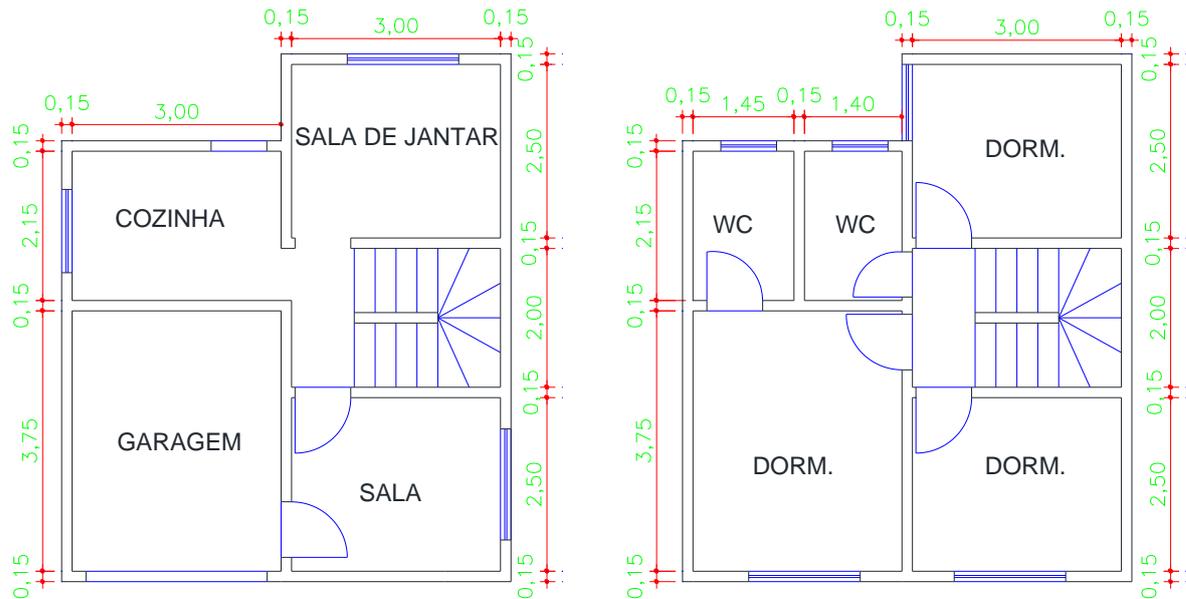


Figura 1 - Planta baixa do sobrado unifamiliar (Sem escala). Fonte: autores.

Software SAP2000

O SAP2000 (*Structural Analysis Program*) é um programa de análise tridimensional de estruturas, baseado no Método dos Elementos Finitos (MEF) que possibilita a utilização de análises lineares e não-lineares estáticas e dinâmicas. Permite assim, calcular deslocamento, tensões, ruptura e elementos de dimensões variadas, podendo adicionar materiais e cargas e gradientes térmicos de modo preciso e rápido (FALDÃO; DUTRA, 2015).

Com o SAP2000 é possível fazer o dimensionamento de pontes, edifícios, estádios, barragens, estruturas marítimas, entre outras edificações que necessitam de análise e dimensionamento

Software CAD/TQS

O programa CAD/TQS foi criado pela empresa TQS informática Ltda. O seu desenvolvimento vem ocorrendo desde sua criação em 1986, o principal campo de atuação é o de elaboração de softwares para estruturas em concreto armado, protendido, pré-moldado e alvenaria estrutural.

O software permite o cálculo de elementos estruturais, tais como laje, viga, pilar e fundações. O CAD/TQS fornece resultados como esforços, deslocamentos, flechas, assim como dimensionamento e detalhamento das armaduras

Métodos

Ensaio de Compressão Axial do Bloco Cerâmico

Para a realização do ensaio de compressão axial foi utilizada a NBR 15270-3 (2017), que diz respeito ao método de ensaio de blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação.

Inicialmente mediu-se os valores de Largura (L), Altura (H), e Comprimento (C) para cada um dos blocos, posteriormente foram calculadas a área de cada bloco e por fim, os blocos foram numerados para posterior identificação.

Segundo a Norma NBR 15270-3 (2017) é necessário a utilização de pastas de cimento para regularização das faces de trabalho, o capeamento realizado não deve exceder 3 mm de espessura.

Assim, próxima etapa se deu pela aplicação e nivelamento da pasta cimentícia sobre os blocos de forma a não exceder os 3mm de espessura prescritos por norma. O processo se repetiu para os demais blocos, e após um dia secando, refez-se o método para todos os 20 blocos cerâmicos. Passado mais um dia de secagem, os mesmos foram imergidos em água por um período de 10 horas.

Em relação a prensa, esta deve ser regulada para que a tensão aplicada, calculada em relação a área bruta se eleve progressivamente à razão de $(0,05 \pm 0,01)$ MPa/s. O tempo necessário para o rompimento do bloco foi medido através de um cronômetro, e o mesmo foi acionado assim que o medidor de força exercida pela máquina começou a movimentar, o cronômetro foi parado assim que o bloco apresentou ruptura e anotou-se a força exercida pela máquina ao final da contagem e também o tempo necessário para tal.

O processo se repetiu até que todos os blocos fossem ensaiados e anotados todos os tempos necessários e a resistência apresentada por cada bloco, para posterior análise dos resultados obtidos.

Demonstração conceitual de levantamento de cargas via SAP2000

Com o intuito de introduzir alguns conceitos referentes as interações entre as deformações de estruturas em concreto e seu efeito na alvenaria, foram informados os procedimentos para utilização do software SAP2000, onde será analisado a diferença entre o comportamento das cargas, levando em conta, ou não, a presença da alvenaria cerâmica em conjunto com o pórtico.

Para o lançamento da estrutura no programa serão adotados alguns parâmetros:

- Peso Próprio da Laje: 200 kgf/m² (peso final de uma laje treliçada com 12 cm de altura);
- Carga Permanente: 100 kgf/m² (piso);
- Ação Variável Principal: 150 kgf/m² (carga accidental por norma de uma casa, sem contar peso próprio da viga);
- Pilares: Largura de 19 cm; Comprimento de 19 cm e Altura de 300 cm. Foram postos dois pilares com distância de 500 cm, simulando o conjunto parede. Em relação as vigas foram adotados 3 valores diferentes de altura: Viga 1 (19x20 cm); Viga 2 (19x40 cm); Viga 3 (19x60 cm);
- Concreto: foi utilizado concreto C25, com módulo de elasticidade de 28.000 MPa (Levantado a partir da NBR 6118, 2014), que foi aplicado a todos os pilares e vigas;
- Para o Módulo de Elasticidade da Parede o valor de f_{pk} adotado foi de 75 tf;
- Para a camada "Parede" - Módulo de Elasticidade de 2500000 tf;
- Coeficiente de Poisson (ν) foi atribuído o valor de 0,15 para material cerâmico,
- Carregamento distribuído aplicado foi de (1.800 kgf /1000 = 1,8 tf/m);
- Os pilares foram articulados;

Por último anotou-se os valores obtidos de momento fletor, cargas transferidas para os pilares e das cargas transferidas para a parede, assim como a deformação da deformada (obtida em m).

Após a realização dos lançamentos e obtidos os resultados, foi feito um estudo de objetividade de malha no intuito de se garantir que os resultados advindos do lançamento no *software* possuem validação e estão dentre os valores cabíveis e pertinentes.

Estrutura em concreto armado

Para que houvesse segurança e conformidades de pré-dimensionamento, foi necessário se embasar na NBR 6118 (2014) e nas normas correlatas como a NBR 6120 (1980), NBR 6123 (1998), NBR 14860-1 (2002) e NBR 6122 (2010). É indispensável o uso de tais normas para que haja qualquer dimensionamento estrutural. É essencial o conhecimento dos conceitos apresentados e discorridos em tais normas, para um pré-dimensionamento correto, visto que o *software* necessita de valores de entrada para processar a estrutura e estes são necessariamente fornecidos pelo usuário.

Para dimensionamento e lançamento das estruturas, foi necessário que houvesse valores mínimos e aceitáveis de dimensões de pilares, vigas e laje no projeto estrutural, para tal, a NBR 6118 (2014) padroniza os respectivos valores.

Para o lançamento da estrutura, os valores foram:

- Classe 2 de agressividade ambiental;
- Resistência característica à compressão do concreto;
 - $f_{ck} = 25$ Mpa;
- Resistência característica de escoamento do aço;
 - $f_{yk} = 500$ MPa.
- Cobrimento utilizado;
 - $c = 3,0$ cm;
- Dimensões estruturais:
 - Lajes = 12 cm (Trelença de 8 cm e capa de concreto de 4 cm)
 - Vigas = 19x40 cm;
 - Pilares = 19x19 cm;
- Ações permanentes diretas:
 - Peso próprio das lajes, vigas, pilares e alvenaria de vedação.
 - Alvenaria de vedação com bloco cerâmico 14x19x19 (cm) com altura do pé direito de 2,7 m e platibanda equivalente a 0,80 cm.
 - Revestimento argamassado 21 (kN/m²), sendo espessura de 1 cm para duas faces do bloco de alvenaria cerâmica.
 - Pavimento superior com 0,7 kN/m².
- Ações variáveis diretas;
 - Efeito vento, embasado na NBR 6123 (1988);

- Cobertura, cuja ação variável principal é de $2,0 \text{ kN/m}^3$ extraída da NBR 6120 (1980);

Através do lançamento da planta arquitetônica, o CAD/TQS V21.3 permitiu que fossem usadas as ferramentas básicas para a implementação estrutural juntamente com as informações de pré-dimensionamento já estabelecidas, o modelo estrutural, assim como os critérios de cálculo, foi implementado no programa conforme os parâmetros de pré-dimensionamento. Importante também citar o uso da norma NBR 6118 (2014) que serviu de embasamento para que não houvesse nenhuma contradição ou conflito com parâmetros normativos.

O lançamento dos elementos estruturais foi executado através do modelador estrutural do *software*, com o pré-dimensionamento já definido, os elementos foram inseridos através de suas abas, os pilares foram inseridos, seguidos das vigas e lajes, sendo executado os mesmos procedimentos para o segundo pavimento do sobrado.

Com processamento concluído foi possível obter os valores das verificações de (ELS) como flechas em vigas, (ELS-W) para análise de fissuração em combinação frequente, flechas em lajes, assim como os esforços e deslocamentos.

Para verificação dos Estados limites (ELU e ELS), foi preciso que não houvesse nenhum erro que o programa detectasse como grave no processamento estrutural. Um processamento de qualidade garante a segurança e a confiabilidade nos resultados do pórtico.

Estrutura em alvenaria estrutural

Para o desenvolvimento deste trabalho, ao que se refere a alvenaria estrutural, foi utilizada a norma NBR 15812-1 (2010), de modo a garantir que as cargas atuantes nas paredes fossem determinadas de maneira correta. Em relação ao pré-dimensionamento, foram adotados blocos cerâmicos de vedação de $14 \times 19 \times 19$ (cm).

A NBR 15270-1 (2017) determina que a resistência à compressão (f_b) mínima para blocos de vedação seja de 1,5 MPa quando utilizados com furos na horizontal e de 3,0 MPa quando usados com furos na vertical (Tabela 1).

Desta forma, para o trabalho, foram adotados dois valores de resistência, um de 0,54 MPa referente ao ensaio de laboratório e outro com 1,5 MPa em conformidade com as exigências mínimas normativas.

Tabela 1 - Resistência à compressão (f_b) para blocos de vedação.

Posição dos furos	(MPa)
Para blocos usados com furos na horizontal (Figura 5)	$\geq 1,5$
Para blocos usados com furos na vertical (Figura 6)	$\geq 3,0$

Fonte: autores.

De acordo com Ramalho; Corrêa (2003), normalmente os valores da eficiência prisma-bloco, para a prática corrente no Brasil, variam de 0,5 a 0,9 para os blocos de concreto e de 0,3 a 0,6 no caso dos blocos cerâmicos. Portanto, foi adotado o coeficiente de 0,5. Deste modo, os valores adotados de 1,5 MPa e 0,54 MPa de resistência do bloco (f_b) teriam, respectivamente, 0,75 MPa e 0,27 MPa de resistência a compressão em situação de prisma (f_{pk}). Na Figura 2 é possível visualizar o valor de prisma do bloco de 1,5 MPa.

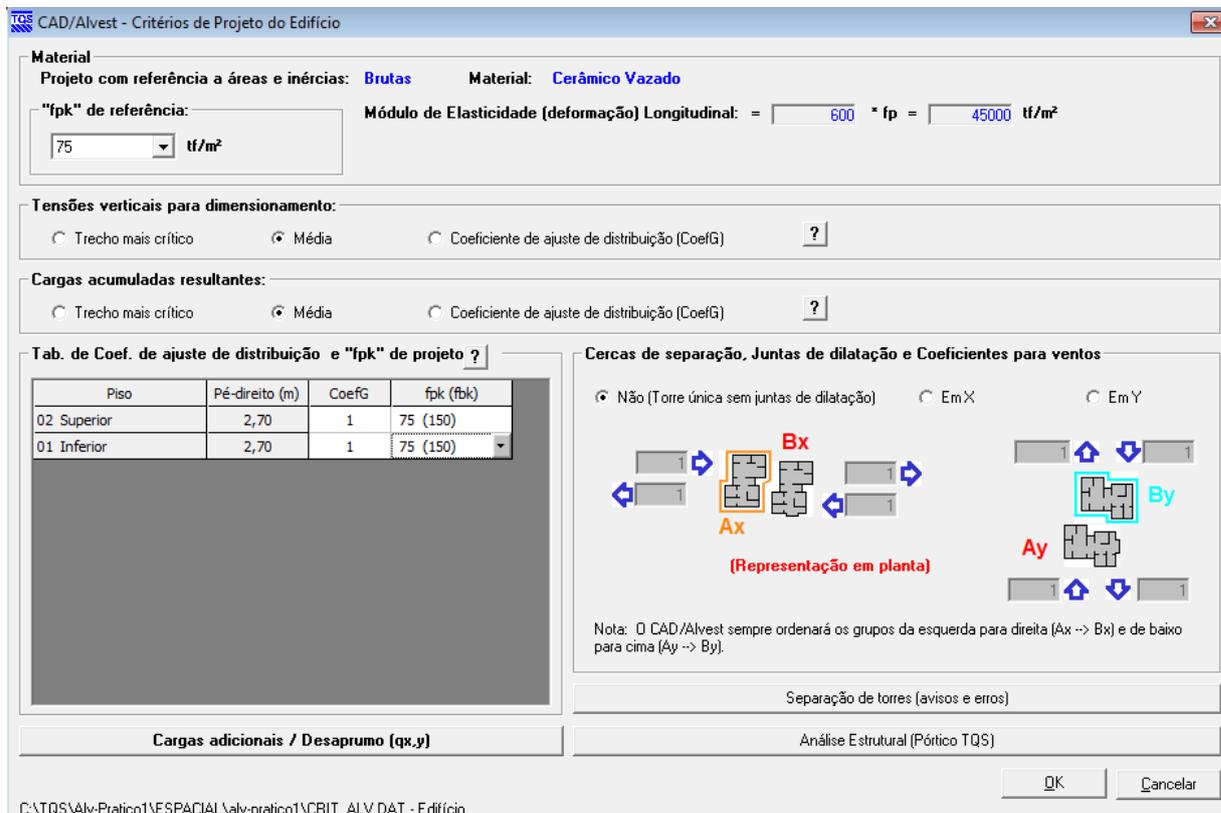


Figura 2 – Definição do “ f_{pk} ” de referência. Fonte: autores.

Como mostrado anteriormente e ilustrado na Figura 1, o sobrado unifamiliar tem aproximadamente 45 m² de área por pavimento. Para o lançamento, primeiramente, a partir da janela “*Editor de dados do edifício*”, na aba “*Gerais*”, foram colocados dados básicos do edifício, como a sua identificação e também informações importantes, como o tipo de edificação e as normas que serão seguidas, no caso, respectivamente, alvenaria estrutural e NBR 15812-1 (2010).

A aba “*Pavimentos*” possibilita a entrada de dados inerentes ao edifício, como o pé direito, que teve valor adotado de 2,70 m e também o número de pavimentos, no caso 2. Na aba “*Cargas*” foram aplicadas as cargas do vento, as quais são calculadas pelo próprio programa seguindo a NBR 6123 (1988), fornecendo ao usuário a opção de escolha de fatores como: velocidade básica do vento, fator do terreno, categoria de rugosidade, classe da edificação e fator estatístico. Os valores adotados para as cargas, de acordo com a NBR 6123 (1988) foram:

- Velocidade básica do vento: 40 m/s (Isopletas da velocidade básica);
- Fator do terreno: 1,0 (terreno plano ou fracamente acidentado);
- Categoria de rugosidade: Categoria IV (Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada);
- Classe da edificação: Classe A (Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m);
- Fator estatístico: 1,0 (Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação);

Outro fator importante a se considerar está na aba “*Alvenaria*”, onde foi possível definir os critérios de cálculo, resistência, material e peso específico do bloco, tais dados foram calibrados pelo programa a partir da norma e do material escolhido, no caso, respectivamente, NBR 15812-1 (2010) e bloco cerâmico.

Na sequência, agora na janela “*Entrada Gráfica*”, que pode ser acessada a partir da opção “*TQS Alvest*”, foi possível a realização da modulação dos blocos de acordo com o projeto do edifício.

Após a modulação dos blocos, puderam ser incorporadas as aberturas de portas e janelas com auxílio da aba “*Porta/Janela*”.

Com ambos os pavimentos modulados e com suas aberturas posicionadas, foi possível a definição das cercas de parede, ou seja, estabelecer quais paredes tem função estrutural. Para este estudo todas as paredes foram consideradas estruturais.

Assim, o lançamento ficará como mostrado na Figura 3.

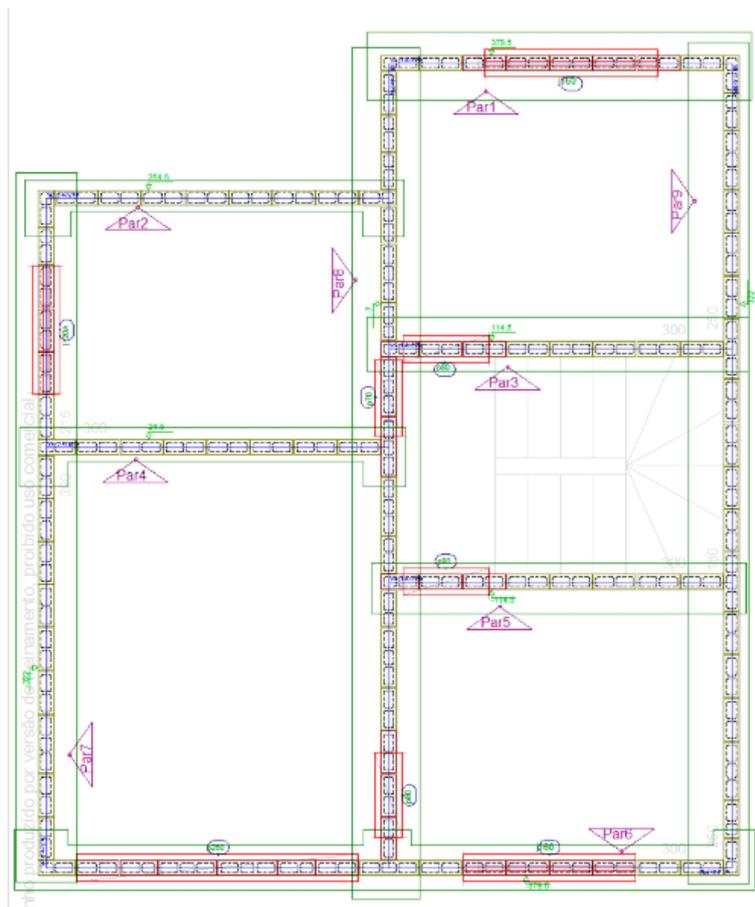


Figura 3 – Definição das paredes com função estrutural. Fonte: autores.

Por fim, puderam ser lançadas as lajes e definidas as cercas de subestruturas, ou seja, os conjuntos de trechos de parede, que compõem um conjunto estrutural resistente a esforços decorrentes das cargas verticais combinadas com as cargas horizontais da ação do vento.

Finalizada a etapa de lançamento de dados foi realizado o cálculo do edifício através do mecanismo “*Processamento Global*”, ou seja, foi possível obter os resultados das considerações e distribuições das cargas.

O processamento completo permite o cálculo de todo o edifício, com detalhamento e dimensionamento de todas as paredes.

Coeficiente de ponderação das alvenarias

O coeficiente de ponderação das resistências da alvenaria (γ_m) é um fator para verificação em ELU e de acordo com a NBR 15812-1 (2010), seu valor deve ser igual a 2,0. Como visto na Tabela 2:

Tabela 2 – Valores de γ_m

Combinações	Alvenaria	Graute	Aço
Normais	2	2	1,2
Especiais ou de construção	1,5	1,5	1,2
Excepcionais	1,5	1,5	1

Fonte: autores.

Desta forma, a partir dos resultados de prisma máximos fornecidos pelo TQS e pelos valores adotados de resistência de prisma do bloco, foi possível estimar o γ_m que a alvenaria possuía de acordo com o bloco utilizado.

É importante ressaltar que o valor máximo de prisma necessário para resistir as solicitações da edificação fornecido pelo programa é um valor característico e, portanto, foi necessário ter seu valor minorado para que fosse encontrado seu valor de cálculo. Assim:

$$f_d = \frac{f_{pk}}{\gamma_m}$$

Logo, o γ_m para cada situação de resistência do bloco foi calculado da seguinte forma:

$$\gamma_m = \frac{f_{pk}}{f_d}$$

Onde, o f_{pk} é o valor de resistência de prisma adotado de acordo com o bloco e o f_d é o valor de cálculo de prisma máximo fornecido pelo programa.

Desta maneira, foi possível estimar um nível de segurança da edificação de acordo com o valor de γ_m encontrado. Caso o γ_m atingisse valor igual ou maior que 2,0 a edificação estaria em conformidade com o coeficiente de ponderação das resistências da alvenaria.

Resultados e discussões

Ensaio de Compressão Axial do Bloco Cerâmico

Após a realização do ensaio de compressão axial foram anotados os resultados de carga aplicada para cada bloco, conforme mostrado na Tabela 3 abaixo:

Tabela 3 – Resistência à compressão dos blocos cerâmicos ensaiados.

Nº Corpo de Prova	Carga Aplicada (kN)	Resistência à Compressão (MPa)
CP1	23,44	0,67*
CP2	20,76	0,59*
CP3	22,46	0,64
CP4	19,3	0,55*
CP5	24,14	0,68*
CP6	26,45	0,75
CP7	24,05	0,68
CP8	22,22	0,63
CP9	18,04	0,52
CP10	18,25	0,5
CP11	14,68	0,42*
CP12	30,15	0,84
CP13	20,16	0,57
CP14	19,64	0,56*
CP15	20,97	0,60*
CP16	15,82	0,44*
CP17	15,92	0,44
CP18	22,23	0,62
CP19	18,5	0,53
CP20	16,64	0,47*
Média	20,5463	0,54

Fonte: autores.

(*) Tais blocos apresentam desacordo com a norma em relação ao fator tempo, uma vez que o tempo de ruptura dos mesmos se mostrou menor que o mínimo aceitável para a realização e continuação do ensaio; sendo assim estes CP's não foram utilizados para o cálculo da média da resistência. Logo, para a obtenção do valor da média foram utilizados no total onze amostras.

Após a realização dos ensaios, concluiu-se que os blocos estudados estiveram em desacordo com a norma NBR 15270-3 (2017), uma vez que em nenhum dos

blocos ensaiados foi obtida resistência característica à compressão necessária exigida por norma de 1,5 MPa.

Lembrando-se que os corpos de prova foram ensaiados segundo velocidades de carregamento previstas em norma e que para os 11 blocos que passaram no ensaio em relação ao fator tempo foi constatada resistência média à compressão de 0,54 MPa.

Demonstração conceitual do estudo de cargas via SAP2000

Realizadas as etapas explicadas na parte de metodologia, os resultados obtidos foram organizados em formato de Tabela 4 como segue a seguir:

Tabela 4 – Levantamento de esforços atuantes, deformação e cargas para os quatro tipos de vigas propostos com a presença de alvenaria.

Viga (cm)	19x60	19x40	19x20	Sem parede
Momento Fletor (tf.m)	1,74	0,69	0,25	5,625
Carga Máxima (tf)	9	9	9	9
Carga Pilar 1(tf)	2,36	1,76	1,23	4,5
Carga Parede (tf)	4,28	5,48	6,54	0
Carga Pilar 2 (tf)	2,36	1,76	1,23	4,5
% Carga destinada ao Pilar	52%	39%	27%	100%
% Carga destinada a Parede	48%	61%	73%	0%
A _s , Momento Pleno	3,39	5,72	Não dimensionável	-
A _s , detalhado	3 \varnothing 12,5 mm	5 \varnothing 12,5 mm	x	-
A _s , com Parede	1	0,63	0,52	-
A _s , detalhado	2 \varnothing 8 mm	2 \varnothing 6,3 mm	2 \varnothing 6,3 mm	-

Fonte: autores.

Através dos resultados obtidos, pôde-se concluir que, com a inclusão da alvenaria em conjunto com o pórtico, quanto menor for a seção da viga então maior será a deformação apresentada, logo, maior será a porcentagem de momento a ser absorvida pela alvenaria, onde uma vez que os esforços existem são rebatidos e acabam por fim sendo concentrados em maior quantidade na alvenaria cerâmica. Observou-se também que conforme a altura da viga aumenta, sua armadura naturalmente aumenta, porém devido os esforços oriundos da viga, em especial o momento fletor, serem transmitidos (isso se deve ao fato da ocorrência de

descontinuidade do momento fletor da viga sobre o apoio, que motiva sua transmissão para o elemento no qual a viga se apoia, ou seja a parede cerâmica e os pilares) ocorre uma redução na armadura necessária, que por sua vez tornou o alojamento inferior quando comparado ao que deveria ser executado sem a presença da alvenaria no pórtico.

Estrutura em concreto armado

A planta de forma foi de extrema importância para discorrer sobre o presente trabalho, visto que todos elementos estruturais citados necessitam de um referencial de posicionamento, para melhor entendimento e localização dessas estruturas. A Figura 4 abaixo permite analisar a localização de lajes, vigas e pilares do presente estudo.

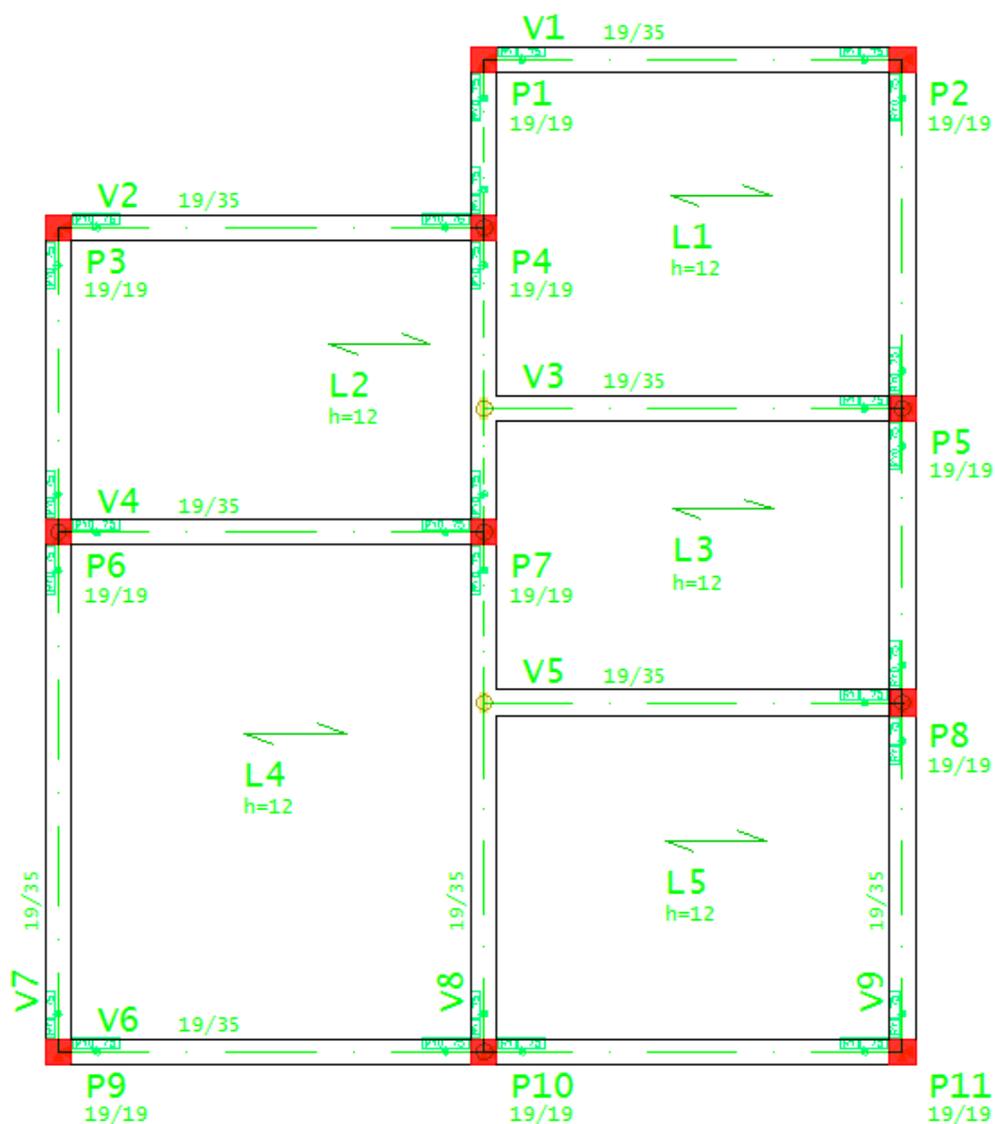


Figura 4 - Planta de forma (Residência). Fonte: autores.

Os pilares foram lançados com dimensões mínimas da norma NBR 6118 (2014); após o processamento global foram obtidas armaduras mínimas sendo elas 4 barras de $\Phi 10\text{mm}$, com taxa de aço de 133 kg/m^3 e taxa geométrica de 0,87%.

As vigas foram lançadas com dimensões baseadas nos parâmetros normativos da NBR 6118 (2014), com dimensões $19 \times 35 \text{ cm}$. As vigas passaram nas flechas totais, como mostra a Figura 5 abaixo:

Viga	Vão	L (cm)	f (cm)	f lim. (cm)	Situação
V1	1	382,75	-0,25	1,53	Passou
	2	222,75	-0,02	0,89	Passou
V2	1	382,75	-0,49	1,53	Passou
	2	227,50	-0,04	0,91	Passou
	3	120,25	-0,02	0,48	Passou
V3	1	255,75	-0,06	1,02	Passou
	2	219,50	-0,01	0,88	Passou
	3	255,25	-0,06	1,02	Passou
V4	1	300,50	-0,08	1,20	Passou
V5	1	305,50	-0,08	1,22	Passou
V6	1	305,50	-0,08	1,22	Passou
V7	1	310,25	-0,06	1,24	Passou
	2	305,25	-0,05	1,22	Passou
V8	1	305,75	-0,09	1,22	Passou

Figura 5 - Verificação de ELS de flechas em vigas (CAD/TQS). Fonte: autores.

As vigas do sobrado obtiveram conformidade em relação aos parâmetros normativos, assim como os valores obtidos de ELU e ELS, valores como as flechas, flexão, cisalhamentos, estão conforme as imposições da norma NBR 6118 (2014). As Tabelas 5 e 6 abaixo mostram os valores de flexão simples e cisalhamento na V3, no trecho 1 na extremidade do pilar 10, como pode-se observar nas tabelas abaixo:

Tabela 5 - Flexão Simples (V3)

M_k (tf.m)	M_d (tf.m)	A_s (cm ²)	A_s' (cm ²)	x (cm)	x/d
0,64	0,9	1,21	1,18	0,98	0,02

Fonte: autores.

Tabela 6 - Cisalhamento (V3)

V_{Rd2} (tf)	V_{Rd3} (tf)	V_c (tf)	V_{sw} (tf)	$A_{sw,nec}$ (cm ²)	$A_{sw,min}$ (cm ²)	V_{sd} (tf)
32,98	2,10	5,85	-3,75	1,95	1,95	2,1

Fonte: autores.

Detalhamento da viga V3 do pavimento superior (Figura 6):

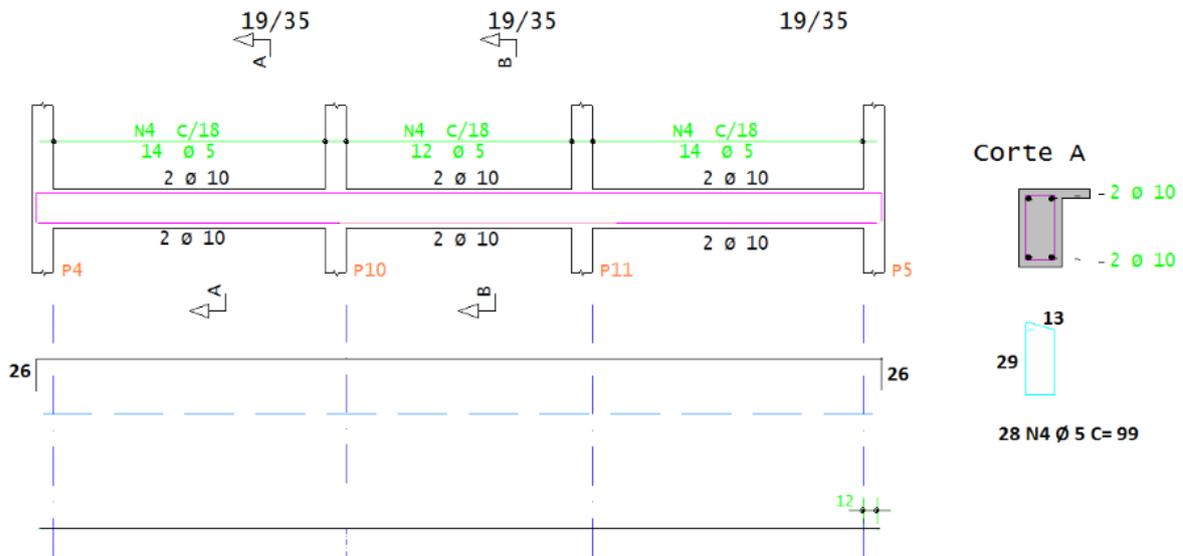


Figura 6 – Detalhamento da viga V3. Fonte: autores.

Houve fissuração nos elementos de viga e laje do sobrado, os valores obtidos estão abaixo do valor máximo previsto pela norma NBR 6118 (2014), que permite abertura de fissura máxima de 0,3 mm, a Figura 7 abaixo mostra as fissurações obtida:

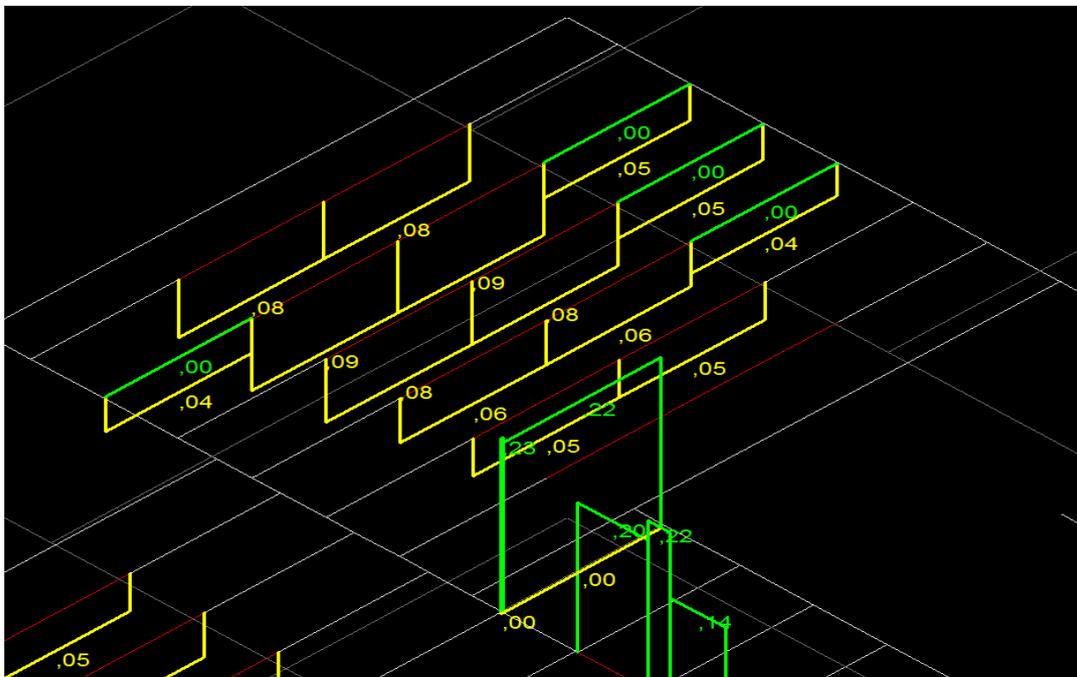


Figura 7 – Abertura de fissuras em ESL-W em combinação frequente para o sobrado, em “mm” (TQS). Fonte: autores.

Com os resultados obtidos pôde-se observar que para uma residência convencional os valores mínimos prescritos pela NBR 6118 (2014) são suficientes para garantir a segurança da edificação

O pavimento superior obteve o maior valor de deslocamentos para os elementos estruturais de lajes e vigas, visto que há cargas acidentais e permanentes no mesmo. O maior deslocamento de laje foi de 0,8 cm, de viga 0,4 cm e para os pilares o maior valor de M_z foi de 0,2 tf.m, valor que é resultante das parcelas de momentos provenientes das vigas para o pilar.

Conclui-se que para casas e sobrados residências um projeto estrutural elaborado embasado na NBR 6118 (2014) pode garantir a segurança e eficiência estrutural da edificação com valores mínimos e parelhos de norma.

Estrutura alvenaria estrutural

Após o lançamento do projeto foi possível a utilização da ferramenta “*Processamento Global*”, que analisou toda a estrutura, obtendo os resultados da consideração e distribuição das cargas e o cálculo das tensões e envoltórias de verificação de prisma f_{pk} .

De acordo com o Manual III – CAD/Alvest – Comandos e Funções, a informação mais importante para especificação da parede estrutural é a resistência de prisma e esta foi calculada a partir da ferramenta “*Combinações e Envoltória de carregamentos fp*”.

Com as tensões máximas e mínimas atuantes nas subestruturas, paredes e trechos de paredes definidas, o CAD/Alvest determinou o valor da resistência do prisma conforme prescreve a NBR 15812 (2010).

Os valores máximos e mínimos de fp foram determinados para cada subestrutura, parede e trecho de parede. Assim houve inúmeros valores de fp de acordo com os diversos casos de carregamentos definidos na envoltória. Desta forma o fp pôde ser calculado para todas as situações de combinação em ELU.

Deste modo, para facilitar a visualização dos resultados, a opção “*Envoltória/fp*” é uma ferramenta que tem como função organizar os piores casos de combinação para cada subestrutura, mostrando em forma de tabela (Tabela 7) e de representação gráfica os valores máximos de resistência à compressão de prisma necessários para resistir às solicitações referentes a cada subestrutura.

Além disso, ilustrou em quais locais o bloco não teve a resistência necessária para resistir as solicitações, mostrando os pontos em que o f_{pk} foi excedido.

Tabela 7 – Máximo f_{pk} por subestrutura.

Sobrado unifamiliar			
Primeiro pavimento		Segundo pavimento	
Subestrutura	$f_{pk,máx}$ (tf/m ²)	Subestrutura	$f_{pk,máx}$ (tf/m ²)
S1	91,7	S1	41,3
S2	79,3	S2	31,4
S3	82,3	S3	39,8
S4	100,4	S4	53,3
S5	102,5	S5	48,6

Fonte: autores.

A Tabela 8 resume os valores máximos de f_{pk} para o sobrado unifamiliar. Além disso, fornece o coeficiente de ponderação encontrado para ambas situações de acordo com o bloco utilizado. Para que o coeficiente de ponderação esteja de acordo com a norma ele deve ser maior ou igual a dois, ou seja, valor equivalente ao γ_m da alvenaria descrito pela NBR 15812-1 (2010).

Tabela 8 – Coeficiente de ponderação para o sobrado unifamiliar de acordo com os blocos utilizados.

Sobrado unifamiliar					
Bloco	Resistência do Bloco (f_b) (MPa)	Resistência em situação de Prisma (f_{pk}) (tf/m ²)	Esforço máximo característico de prisma solicitado ($f_{pk,máx}$) (tf/m ²)	Esforço máximo de cálculo de prisma solicitado (f_d) (tf/m ²)	Coeficiente de ponderação (γ_m)
Cerâmico de vedação	1,50	75,00	102,50	51,25	1,46
Cerâmico de vedação ensaiado	0,54	27,00	102,50	51,25	0,53

Fonte: autores.

Para o sobrado com o bloco de 1,50 MPa o programa apontou diversos locais onde a resistência do bloco não foi suficiente para suportar as cargas da edificação (Figura 8). Desta forma a utilização de tal bloco não atingiu o valor de coeficiente de ponderação exigido pela norma para que a construção seja considerada segura, apresentando coeficiente de segurança de 1,46.

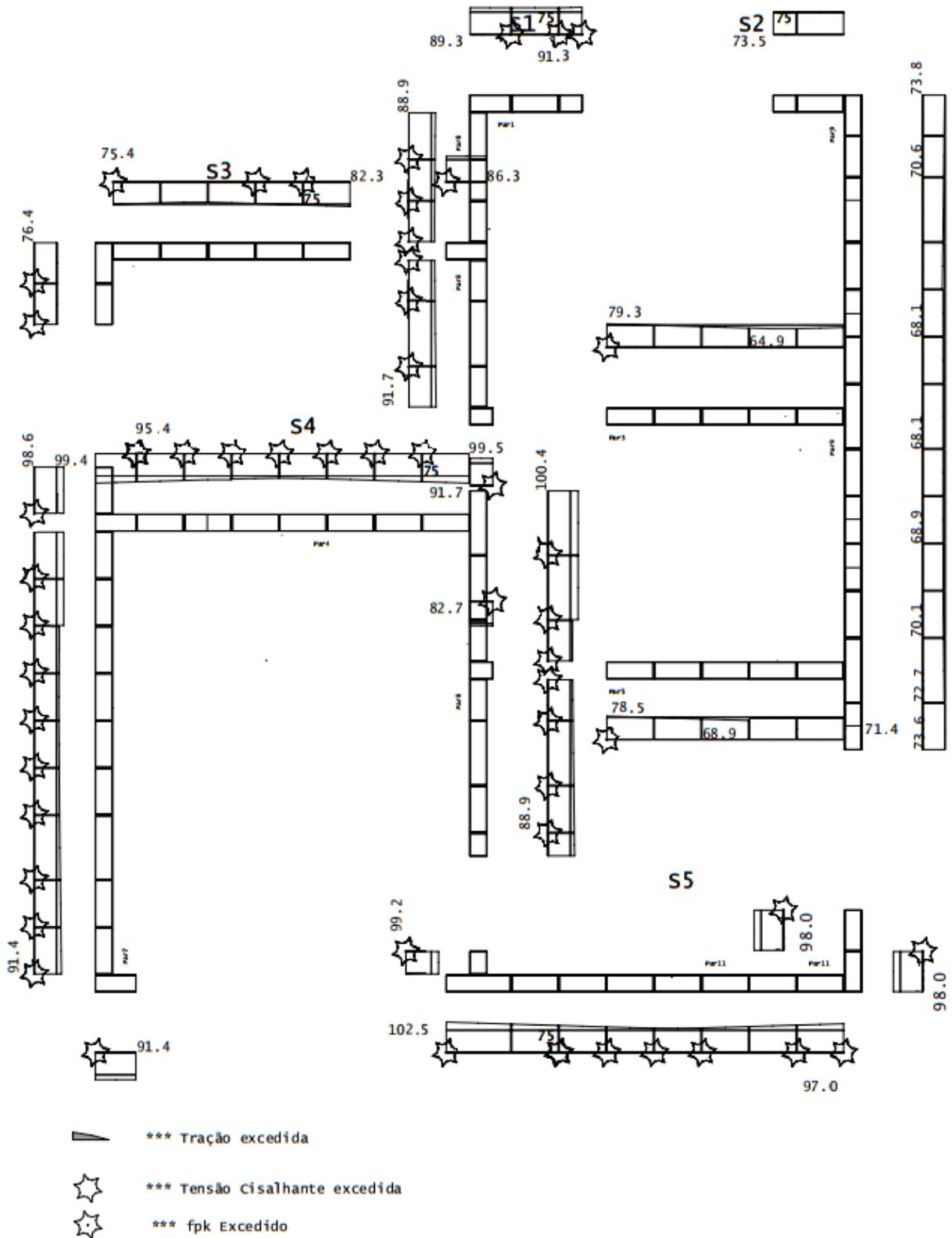


Figura 8 - “Envoltória/fp” do pavimento inferior do sobrado com o bloco de 1,5 MPa.
 Fonte: autores.

Para o sobrado com o bloco de resistência ensaiada de 0,54 MPa foi possível observar que a resistência do bloco não foi suficiente para atender as ações solicitantes de nenhum conjunto de paredes do pavimento inferior (Figura 9), tendo um coeficiente de ponderação encontrado bastante abaixo da norma, com valor de 0,53.

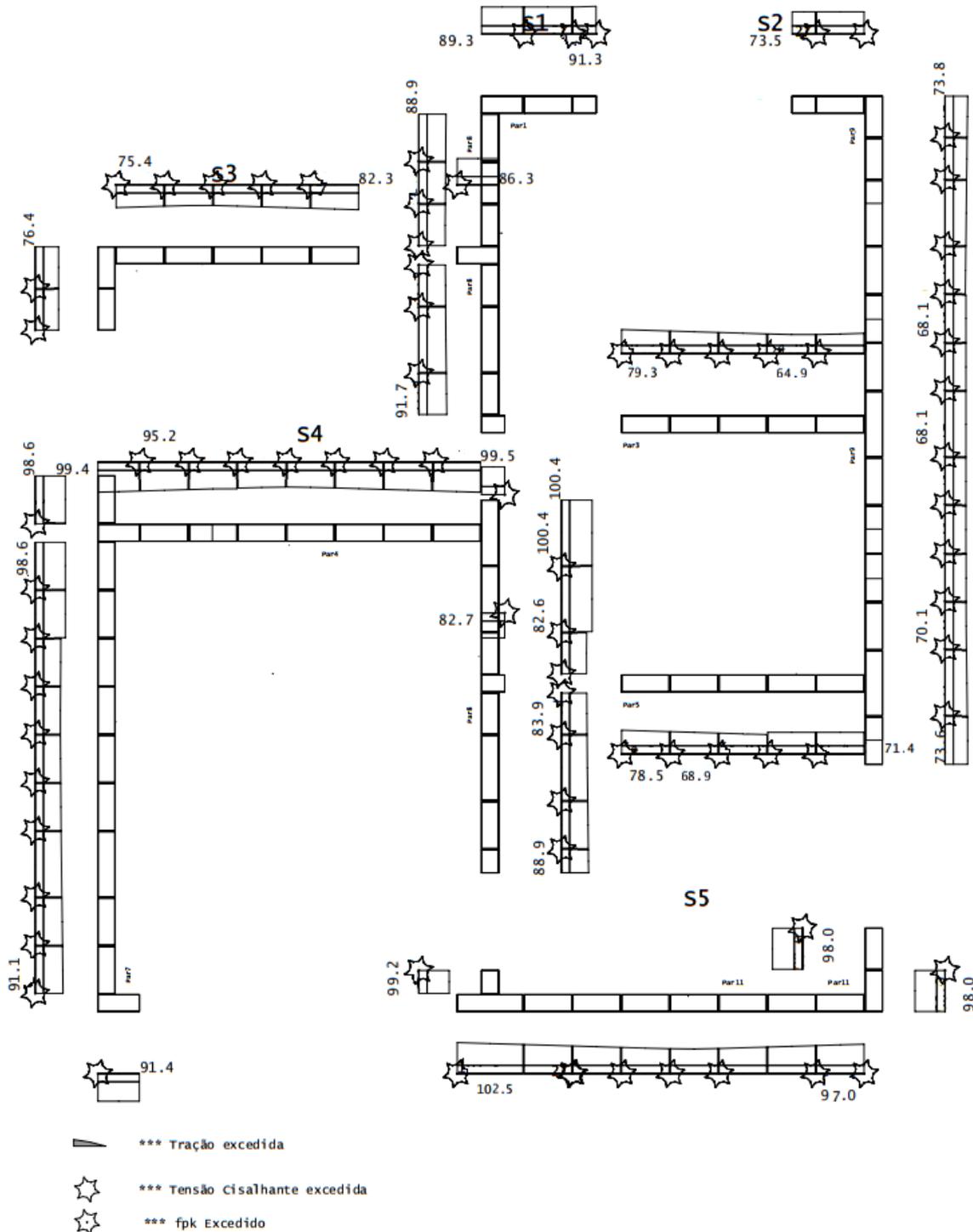


Figura 9 - “Envoltória/fp” do pavimento inferior do sobrado com o bloco de 0,54 MPa. Fonte: autores.

Conclusões

Visto os últimos acontecimentos na construção civil, tais como acidentes em obras residenciais, o presente estudo foi de extrema importância para o conhecimento e entendimento da funcionalidade estrutural de casas de pequeno e médio porte, demonstrando através de ensaios e simulações computacionais que estruturas fora de padrões normativos e com concepção estrutural errônea podem causar acidentes fatais.

No que diz respeito ao lançamento da estrutura no software SAP2000, os resultados apontaram que a execução de elementos em concreto armado em dimensões menores que as mínimas recomendadas pela NBR 6118 (2014), devido a existência da alvenaria cerâmica funcionando como suporte, acarretou que parte do momento que advém dos carregamentos diretamente para a viga fosse transferido para a parede e também para os pilares.

Para o estudo de análise computacional em concreto armado, através do CAD/TQS foi possível obter valores de ELS (Estado limite de serviço) e ELU (Estado limite último), resultados os quais estiveram dentro dos parâmetros normativos da NBR 6118 (2014).

Em relação aos resultados referentes a simulação em alvenaria estrutural pôde-se perceber que os blocos utilizados não tiveram desempenho suficiente para atingir o coeficiente de ponderação das alvenarias, pois como visto o coeficiente de ponderação alcançado para este caso foi de 1,46 para o bloco de 1,50 MPa e de 0,53 para o bloco ensaiado de 0,54 MPa.

Além disso, mesmo que os coeficientes de ponderação fossem atendidos, tal fato não justifica a ausência de profissional capacitado para o projeto e execução de tal construção, pois sem ele não haveria garantia alguma de que fossem realizadas as corretas práticas para uma construção segura.

Outro ponto importante é o fato de que, em construções em concreto armado, há a ideia de que as paredes possuem apenas função de vedação. Deste modo, em construções em concreto armado com elementos que não atendam as dimensões mínimas exigidas. O desconhecimento de que as paredes estão funcionando como elemento portante poderia causar graves acidentes em caso de reforma, pois supostamente a parede teria apenas função de vedação e na realidade não é isso que acontece.

Deste modo, o estudo de tais estruturas se apresentou relevante, pois assim pôde-se ser entendido seu funcionamento e previsto seu comportamento.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14860-1**: Laje pré-fabricada – pré laje- requisitos parte 1: Lajes Unidirecionais. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-3**: Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15812-1**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos Parte 1: Projetos. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961**: Alvenaria Estrutural - Blocos de Concreto. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças Devido ao Vento em Edificações. Rio de Janeiro, 1988.

Carvalho, M. J. de. **Estudo Comparativo Entre Pórticos de Concreto Armado Com e Sem a Contribuição da Rigidez das Paredes de Blocos Cerâmicos Frente a Esforços Verticais**. 2017. Artigo Científico (Pós Graduação em Estruturas) – Centro Universitário de Unilins, Lins.

Faldão, V.; Dutra, G. S. **Análise de flecha e fissuração em vigas de concreto armado através da NBR 6118 (2014) e método dos elementos finitos**. 2015. Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Araçatuba.

Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento NBR 6117 (2003) Ramalho, Márcio A.; Corrêa, Márcio R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

Santiago, J. E. D. **Acidentes Estruturais na Construção Civil**. 2014. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte.

TQS Informática Ltda. - **Projeto Estrutural de Edifícios de Concreto Armado, Protendido, Pré-moldados e Alvenaria Estrutural CAD**. São Paulo, 2003. Manual para uso do CAD/Alvest Comandos e Funções parte 1.

Análise da substituição do agregado graúdo por RCC Classe A na composição do concreto através de ensaios experimentais comparativos de resistência mecânica à tração e à compressão

Analysis of replacement of gravel for construction residue as aggregate in concrete by means of experimental tests of tensile and compressive strength

Fernando Eduardo Simões¹

Flavio Osorio Garcia²

Reinaldo Alves Nogueira Neto³

Samuel Silva Amado⁴

André Luis Gamino⁵

RESUMO

A construção civil é a área que mais consome recursos naturais e tem buscado diferentes tecnologias e processos para reduzir esses rejeitos. Este estudo demonstrou que é possível reaproveitar resíduos de construção civil, utilizando-os como agregado graúdo em formulação de concreto não estrutural. Foram realizados ensaios para análise das propriedades mecânicas do concreto em amostragens com diferentes proporções de resíduo e brita, iniciando os testes com 0% de resíduo, passando por 20%, 50%, 80% e por fim 100%. Foram avaliadas: resistência mecânica via tração e compressão. A resistência a compressão aceitável atingida nos ensaios (C10 a C15, conforme NBR 8953, 2015), foi superada apenas nos testes com 100% e 80% de brita, nos demais a resistência à compressão atingida foi menor que 10 MPa, o que inviabiliza o seu uso.

Palavras-chave: Agregado Graúdo, Reciclagem, RCC Classe A, Resíduos de Construção Civil, Reutilização

ABSTRACT

Construction is the most resource-consuming field of work and has been searching different technologies and processes to reduce this waste. This study aims to demonstrate that it is possible to reutilize construction residue, using it as aggregate in non-structural concrete. Tests were conducted to analyze the mechanical properties of the concrete, in samples with increasing percentages of residue, starting at 20%, then 50%, 80% and finally 100%. The characteristics evaluated include: tensile and compressive strength. The objective is to reach an acceptable resistance (C10 to C15, following design code NBR 8953, 2015), was achieved in the samples with 100% and 80% gravel, the other ones did not reach 10 MPa, which discard it's use.

Keywords: Aggregate, Recycling, Construction Residue, Reutilization.

¹ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

² Administrador de Empresas e Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

³ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

⁴ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

⁵ Engenheiro Civil, Professor Doutor do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

Introdução

Nas últimas décadas, temas como sustentabilidade e reciclagem tornaram-se extremamente importantes, divulgados e estudados nas mais diversas áreas, não só no Brasil, como em todo o mundo. Eventos como a Conferência de Estocolmo, em 1972 e a ECO-92 em 1992 no Rio de Janeiro, se realizaram com o intuito de promover um desenvolvimento sustentável, tratando de questões como o consumo e a conservação de recursos (FRANCISCO, 2019).

Na construção civil é particularmente importante a reutilização de seus resíduos, pois a construção civil é responsável por até 50% dos recursos naturais consumidos (ALAVEDRA apud CALCADO, 2015) e por até 70% em massa de resíduos urbanos, sendo metade destes descartada de maneira inadequada (BLUMENSCHHEIN, 2007).

De acordo com Fernandez (2012), com base em pesquisa de 2008 e amostragem de 372 municípios, a quantidade coletada de RCC de origem pública é 7.192.372,71 t/ano e de origem privada é de 7.365.566,51 t/ano.

Para Potenza *et al* (2012), *o RCC é gerado entre 0,4 a 0,7 t/hab.ano e representa 2/3 da massa dos resíduos sólidos municipais [...]*. Segundo projeção do IBGE a população brasileira atual é estimada a aproximadamente 209,6 milhões de habitantes, dessa forma a quantidade total de RCC produzido seria de 83.840.000 t/ano a 146.672.000 t/ano.

Fica evidente a necessidade de mudanças no tocante à reciclagem de resíduos de construção civil. A quantidade de entulhos produzida é extremamente grande e reutilizando-os em detrimento da deposição, os impactos ambientais serão reduzidos significativamente, levando também em conta que a demanda por matéria prima natural igualmente irá diminuir sendo, portanto, o estudo da solução deste grave problema o objeto deste trabalho.

Em função do problema explicitado, neste trabalho foi estudada a utilização dos resíduos de construção civil classe "A" como alternativa em substituição ao agregado graúdo. Foram comparadas as propriedades mecânicas do concreto utilizando o RCC composto por mistura de materiais (entulho) e o material padrão (brita 1).

Materiais e métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi feita revisão bibliográfica sobre o uso do RCC na construção civil, realizada a coleta e seleção visual do RCC (entulho) na cidade de Araçatuba – SP e utilizados os materiais que se enquadraram na classe A, conforme a resolução CONAMA 307/02. Então foi determinado um traço para a substituição do agregado graúdo por RCC e confeccionados corpos de prova conforme traço para a realização de ensaios de caracterização.

Materiais

Foram utilizados os seguintes materiais para a confecção de corpos de prova:

- Cimento Portland CP II – F-32;
- Agregado Graúdo: Brita 1;
- Agregado Miúdo: Areia;
- Resíduo de construção civil (RCC).

Para caracterização da areia, brita e RCC foram feitas análises granulométricas de acordo com às normas, NM 248 (2003) e NBR 7211 (2005). O RCC foi coletado na cidade de Araçatuba-SP, em obra da construtora CONSTROEN no edifício Tennessee e para sua caracterização foi feita, além das normas supracitadas, a separação visual do material, sendo utilizados somente os materiais que atenderam a resolução do (CONAMA 307/02), material classe A (figura 1).



Figura 1: RCC Classe A. Fonte: autores.

Métodos

Todos os ensaios foram conduzidos conforme orientações das normas NM 248 (2003) e NBR 7211 (2005).

- Análise granulométrica;

As peneiras utilizadas foram das séries normal e intermediárias apresentada na tabela 1 da norma, NBR 7211 (2005). Encaixando as peneiras previamente limpas de modo a formar um conjunto único de peneiras com graduação de abertura de malhas decrescente, de forma a reter granulometrias cada vez menor conforme o material descendeu o conjunto.

Foi realizada a coleta do material conforme a norma NM 26 (2001), deste material foi separada a quantidade de 20kg (pesada em balança digital) que então foi quarteada e umedecida (conforme figura 2). Foram selecionados dois quartos (diagonalmente opostos) que foram misturados novamente para compor uma única amostra de 10kg.



Figura 2: Quarteamento da brita. Fonte: autores.

Foi feita secagem das amostras em uma estufa à temperatura de (105 +/- 5 °C), por um período de 24 horas que e em sequência foram resfriadas em temperatura ambiente, depois foram determinadas suas massas secas M1 e M2, (figura 26) utilizando-se a amostra M1 e reservada a M2.

A amostra foi então peneirada no conjunto de peneiras supracitado, sendo este submetido à agitação mecânica. O mesmo processo foi realizado para o RCC e areia para determinação de suas granulometrias.

- Cálculo dos traços;

Foi usado para o cálculo do traço do concreto o método INT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). Segundo a NBR 8953 (2015) que determina classe não inferior a C10. Nesse estudo o f_{ck} objetivo é de 10 MPa.

Para o cálculo da relação água cimento (A/C) do concreto foi necessário determinar o f_{cm} , que é a resistência média à compressão do concreto. O resultado do f_{cm} segundo a NBR 12655 (2015), se deu a partir do seguinte cálculo.

$$f_{cm} = f_{ck} + 1,65 \times s_d$$

Sendo:

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=n}^i (f_i - f_{cm})^2}$$

Onde:

s_d : Desvio padrão da amostra de 5 exemplares;

f_{cm} : Resistência média à compressão do concreto aos 28 dias de idade;

O valor utilizado de s_d foi de 4,0 MPa, que é o máximo valor que pode ser atingido. Com os valores estipulados pela norma, com f_{ck} de 10 MPa foi obtido os seguintes valores:

$$f_{cm} = 10 + 1,65 \times 4 = 16,6 \text{ MPa}$$

Com o valor de f_{cm} calculado foi possível conhecer a relação A/C através do seguinte cálculo:

$$A/C = 1,05616 \times e^{(-0,002487 \times f_{c28})}$$

Onde:

f_{c28} foi a resistência média à compressão adquirida aos 28 dias de idade, ou seja, 16,6 MPa. Isso resulta em uma relação A/C de 0,73, que nos permite calcular a proporção cimento: areia: brita para o traço do concreto a partir das seguintes equações:

$$\%Areia = 97,27494 \times fc28^{-0,17257}$$

Portanto:

$$\%Areia = 97,27494 \times 150^{-0,17257} = 40\%$$

Ou seja, a areia representa 40% da quantidade total de agregados.

Para a confecção do concreto foi utilizado a brita 1, com diâmetro nominal de 19 mm. Com isto e utilizando-se da bibliografia de Tartuce (1989), definiu-se o uso do concreto como “elementos usuais”, que resultou em *slump test* de 5 a 7cm, que por sua vez nos traz, na mesma bibliografia, o valor de 9,25% para a relação de água sobre materiais secos h (%), cuja fórmula segue abaixo.

$$h(\%) = \frac{A/C}{(1 + m)} \times 100\%$$

Como já estava determinado o valor de $h(\%)$, que é 9,25%, através da equação anterior foi possível achar a massa total de agregados do traço.

$$m = \frac{A/C}{h(\%)} - 1$$

Assim:

$$m = \frac{0,7}{0,0925} - 1 = 6,57$$

Em seguida, foram encontrados os valores reais, em relação ao cimento, de agregado graúdo e miúdo com as seguintes equações.

$$a = m \times \%areia$$

e,

$$p = m - a$$

Onde,

a é a proporção em massa do agregado miúdo;

p é a proporção em massa do agregado graúdo;

Assim, substituindo nas equações os valores já obtidos:

$$a = 6,57 \times 0,40 = 2,63$$

e,

$$p = 6,57 - 2,63 = 3,94$$

Com isso foi determinada a proporção cimento: areia: brita: A/C do traço para a confecção do concreto conforme abaixo:

$$1 : 2,63 : 3,94 : 0,70$$

- Preparação do resíduo de construção civil RCC;1

O RCC foi coletado no canteiro de obras do edifício Tennessee da construtora CONSTROEN, este foi selecionado e separado manualmente, retirando-se materiais indesejados (pregos, restos metálicos, trapos e cacos cerâmicos). Os resíduos remanescentes foram umedecidos e colocados em uma estufa para secagem durante 24 horas e posteriormente resfriados em temperatura ambiente para posterior análise granulométrica conforme descrito anteriormente.

- Preparação da argamassa;

Foram feitas cinco argamassas – um para cada percentual de RCC (Classe A)/Brita descrito anteriormente (de 0% a 100% RCC) – seguindo a NBR 12821 (2009), de forma que foi introduzido na betoneira 1/3 do volume de água com todo o agregado graúdo, e misturou-se durante 30 segundos, em seguida foi adicionado o aglomerante com mais 1/3 da água e novamente se aguardou 30 segundos de misturas, por fim foi adicionado o agregado miúdo com o restante da água, aguardando cerca de 3 minutos de mistura. Conforme NM 33 (1998) foi feita 1,5 vezes a quantidade de concreto necessária para a realização dos ensaios (30L).

- Confecção dos corpos de prova;

A moldagem dos corpos de prova seguiu a norma NBR 5738 (2015), que determinou o número de golpes para o *slump test* (12 para cada uma das duas camadas). Foram moldados 10 corpos de prova cilíndricos (10 cm x 20 cm) para cada dosagem da mistura, sendo 5 para ensaio de compressão e 5 para tração.

Antes de depositar o concreto dentro do molde de aço do CP, foi aplicada uma fina camada de óleo diesel na parte interna do CP, para facilitar a retirada do corpo de prova do molde.

- Cura;

O processo de cura do concreto seguiu a norma NBR 5738 (2015). Antes de armazenar os corpos de prova para a cura, estes foram identificados e logo após a moldagem (ainda nos moldes) foram colocados em uma superfície horizontal, protegidos de intempéries e cobertos por lona plástica para evitar a perda de água do concreto durante um período de 24 horas. Após esse período o concreto foi desmoldado e colocado em uma câmara úmida durante 28 dias, para a câmara foi utilizado um tanque com água a temperatura ambiente (23 ± 2 °C).

- Ensaio de tração e compressão e cálculo da resistência característica;

Após 28 dias foram feitos os ensaios de compressão conforme a norma NBR 5739 (2018).

O corpo de prova foi posicionado verticalmente na máquina, que foi acionada por meio manual e em velocidade constante de $(0,45 \pm 0,15)$ MPa/s. A maior parte dos CPs apresentou ruptura cisalhada ou fraturas na base/topo (tipos “E” ou “F” de ruptura conforme a norma).

O cálculo da resistência foi feito utilizando-se a equação abaixo:

$$f_c = \frac{4F}{\pi \times D^2}$$

Onde:

f_c : resistência a compressão, expressa em megapascals (MPa);

F: força máxima alcançada, expressa em Newtons (N);

D: diâmetro do corpo de provas expresso em milímetros (mm);

Com os resultados obtidos foi feita análise do desvio padrão, conforme norma NBR 12655 (2015):

$$S_d = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \sum_{i=1}^n (f_i - f_{cm})^2}$$

Onde:

f_{cm} : é a resistência média dos exemplares do lote, expressa em megapascals (MPa);

S_d : é o desvio padrão dessa amostra de n exemplares, expresso em megapascals (MPa);

Após calculado o valor de S_d foi calculado o verdadeiro valor da resistência à compressão do CP através da seguinte equação:

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,65 \times S_d$$

Foi calculado, conforme a norma 5739 (2018) anexo B, a avaliação estatística de desempenho dos resultados obtidos através dos ensaios à compressão. A estimativa do desvio-padrão dentro do ensaio (S_e) é encontrada através da seguinte equação:

$$S_e = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{d_2 \times n}$$

Onde:

A_i é a amplitude de valores de resistência, expressa em megapascals (MPa);

n é o número de exemplares da amostra;

d_2 é o coeficiente relacionado ao número de corpos de prova ensaiado (neste caso 2,326 para 5 corpos de prova);

Em seguida foi calculado o coeficiente de variação dentro do ensaio (CV_e), expresso em porcentagem (%), que foi feito dividindo o desvio padrão (S_e) pela resistência média (f_{cm}) dos exemplares, com a seguinte equação:

$$CV_e = \frac{S_e}{f_{cm}} \times 100$$

A avaliação da eficiência das operações de ensaio foi feita pelos conceitos atribuídos ao coeficiente de variação do ensaio (CV_e), conforme os níveis determinados na tabela tal abaixo.

Tabela 1: Avaliação do ensaio pelo coeficiente de variação dentro do ensaio

Coeficiente de variação CV_e (%)				
Nível 1 Excelente	Nível 2 Muito Bom	Nível 3 Bom	Nível 4 Razoável	Nível 5 Deficiente
$CV_e \leq 3,0$	$3,0 < CV_e \leq 4,0$	$4,0 < CV_e \leq 5,0$	$5,0 < CV_e \leq 6,0$	$CV_e > 6,0$

Fonte: NBR 5739 (2018).

Para ensaio de tração por compressão diametral foi realizado conforme a norma NBR 7222 (2010), utilizou-se uma chapa de madeira colocada ao longo do eixo do corpo de prova entre o CP e a bandeja metálica da máquina de compressão para garantir distribuição da força sobre todo o comprimento do corpo de prova. A norma também indicou as dimensões da tira de madeira (como ilustra a figura 3) e a velocidade de aplicação da força de $(0,05 \pm 0,02) \text{ MPa/s}$.

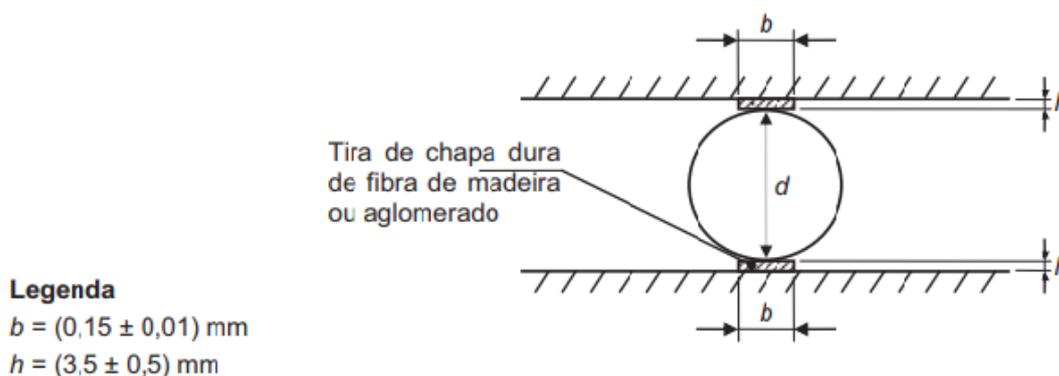


Figura 3 – Disposição do Corpo de Prova
Fonte: NBR 7222 (2010).

O cálculo da resistência à tração por compressão diametral foi calculada através da seguinte expressão:

$$f_{ct,sp} = \frac{2 \times F}{\pi \times d \times l}$$

Onde:

$f_{ct,sp}$ é a resistência a tração, em megapascals (MPa);

F é a força máxima obtida no ensaio, ou seja, a carga de ruptura, expresso em newtons (N);

d é o diâmetro do corpo de prova, expresso em milímetros (mm);

l é o comprimento do corpo de prova, expresso em milímetros (mm);

Seguindo a norma 6118 (2014), foi calculada a resistência à tração direta, baseando-se nos ensaios de tração por compressão diametral, obtida através das equações abaixo.

$$f_{ct,m} = 0,9 \times f_{ct,sp}$$

Resultados e discussões

Com relação à granulometria, tivemos em geral resultados dentro do esperado, tendo a maior parte da areia retida entre as peneiras de 0,3 mm e 0,15 mm – caracterizando um areia predominantemente fina. Já a brita se situou majoritariamente de 12,7 mm e 6,3 mm, sendo que 66,5% do material se caracterizou como brita 1 (acima de 9,5 mm) e o restante como brita 0 ou pó de pedra, o que não era esperado e impactou os resultados, já que o traço foi calculado para uso de Brita 1. O RCC ficou em sua maioria retido entre 19,1 mm e 6,3 mm, mas apresentou alta variância com material desde 38,1 mm até o fundo, sendo que 10,8% foi caracterizado como brita 3, 21,5% correspondente a brita 2, 54,7% equivalente a brita 1 e 13% inferior a brita 1. Analisando as curvas granulométricas obtidas em comparação as da norma, tanto areia e brita apresentaram curva abaixo do limite inferior – em concordância com os resultados de Fernandes (2015) – enquanto o RCC apresentou-se fora também do limite superior.

Quanto ao *slump test*, houve grande variação sendo que nenhum ficou dentro do esperado em projeto (de 5 e 7 cm). A figura 4 abaixo demonstra os resultados obtidos.

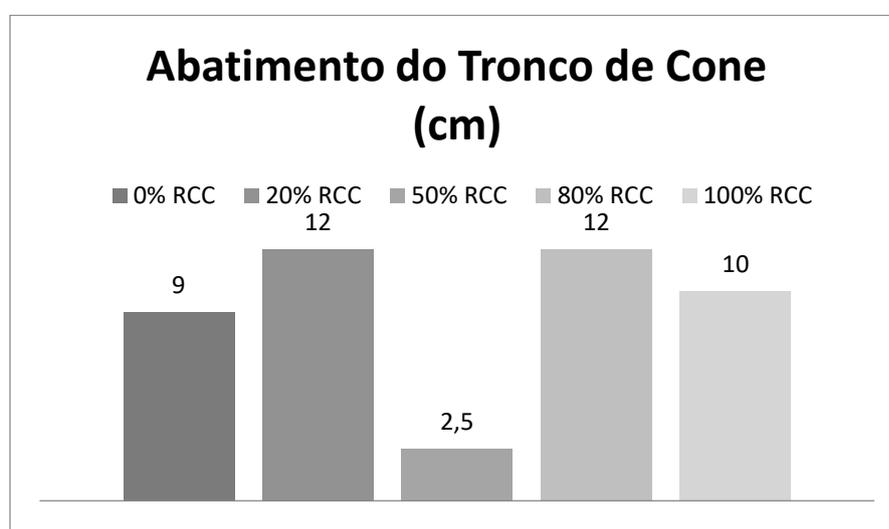


Figura 4 – Resultados dos ensaios de abatimento de tronco de cone (*Slump test*)
Fonte: Autores.

A variância dos resultados foi atribuída a granulometria inconsistente e a questão de umidificação prévia do RCC, que é citada na NBR 15116 (2004) sem especificar método, quantidade ou tempo do processo, tendo estes ficado a cargo dos autores.

Analisando os ensaios de resistência, verifica-se grande consistência nas velocidades de aplicação de força e na avaliação de qualidade do ensaio, tendo quatro deles classificados como “excelente” e um como “bom”. Todos os ensaios também tiveram desvio padrão significativamente abaixo do limite de 4 *MPa*.

Com relação aos resultados de resistência à compressão, na primeira mistura atingiu-se com tranquilidade o objetivo de 10 *MPa* de resistência à compressão – classificando-o comercialmente como um C10 – e na mistura seguinte (com 20% de RCC), ainda obtém-se um valor superior ao calculado. Nas misturas subsequentes (com 50%, 80% e 100% de RCC em substituição à brita), as resistências f_{ck} obtidas foram insuficientes. Estes resultados concordam com Fernandes (2015), que obteve resistência aceitável para a porcentagem de 25% de substituição de brita pelo RCC, no qual a diferença em *MPa* para o concreto referência foi de 1,3 (redução de 6,3%). Neste trabalho a diferença foi de 2,5 *MPa* (representando uma redução de 16,3%) da mistura com 20% de RCC para a mistura referência.

Quanto às classificações dos tipos de ruptura que ocorreram nos corpos de prova, o concreto referência com 100% de brita apresentou ruptura tipo A (cônica). Todas as demais misturas (20%, 50%, 80% e 100% de RCC) apresentaram ruptura dos tipos E (cisalhada) e F (fraturas no topo ou na base abaixo do capeamento), conforme demonstra a figura 57, de acordo com a NBR 5739 (2018). O tipo de ruptura e os níveis de resistência atingidos evidenciam a qualidade inferior do concreto com RCC, quando comparado ao concreto com brita.

Com relação aos resultados de resistência à tração por compressão diametral, O $f_{ct,m}$ de projeto foi calculado através da fórmula $f_{ct,m} = 0,3 \times f_{ck}^{2/3}$, que para o f_{ck} de projeto de 10 *MPa*, resultou em 1,392 *MPa*. Nota-se que a partir da mistura 4 (com 80% de RCC) obtém-se resistência inferior à de projeto.

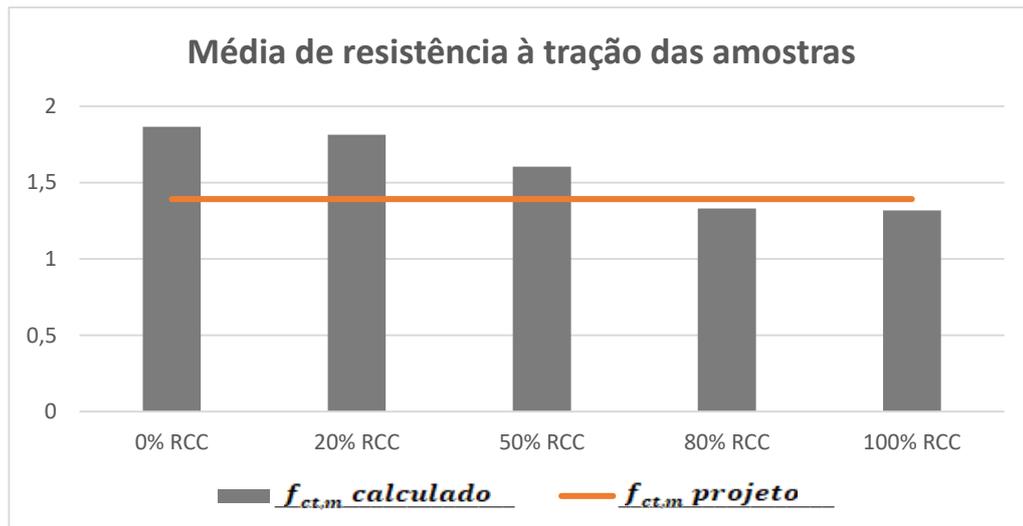


Figura 5 – Resultados das resistências à tração para as diferentes misturas.

Fonte: autores.

É possível observar que o fator limitante é a resistência à compressão, pois à tração a amostra com 50% de RCC ainda seria viável, sendo que na compressão o limite é de 20% de RCC adicionado à mistura (é possível que algum percentual intermediário entre 20% e 50% de RCC seria admissível, no entanto estes não foram ensaiados).

Em termos de resistência mecânica, a melhor amostra foi a com brita e 0% de adição de RCC, sendo as piores amostras as com 50% e 80% de RCC (devido principalmente aos fatores de umedecimento do RCC já citados).

A amostra com 100% de RCC, contrariando as expectativas, apresentou resistência superior devido a um melhor procedimento de umedecimento do RCC, que resultou em melhor aderência da argamassa ao mesmo e conseqüentemente maior resistência mecânica.

Conclusões

Foi possível concluir que o uso de RCC em substituição à brita como agregado graúdo é viável até o limite de 20% de RCC com 80% de brita, devido às limitações de resistência à compressão. Para esta composição de RCC/brita os valores das propriedades mecânicas superaram os valores de f_{ck} e $f_{ct,m}$ estabelecidos em projeto, certificando a sua utilização. Mesmo com apenas 20% de proporção, este reuso representaria relevante redução de geração de novos resíduos da construção civil, chegando a 30 milhões de toneladas anuais.

Referências Bibliográficas

BENEDITO FHA, KASIA MB, SANTOS C, CALHIARI B, VIVEIROS ER. **Atividade cortical em EEG dependente do tempo e frequência induzida pelo discurso e tarefa multissensorial em cego durante aulas de física.** Aceito para publicação –

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

____. **NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 2004.

____. **NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 2004.

____. **NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 2004.

____. **NBR 15115: Agregados sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2004.

____. **NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2004.

___ **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação.** Rio de Janeiro, 2009.

___ **NBR 11578: Cimento Portland composto.** Rio de Janeiro, 1991.

___ **NBR 7217: Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 1987.

___ **NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência.** Rio de Janeiro, 2015.

___ **NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – procedimento.** Rio de Janeiro, 2015.

___ **NBR 12821: Preparação de concreto em laboratório – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2009.

___ **NBR 5738: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

___ **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

___ **NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência a tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2011.

___ **Norma Mercosul NM NBR 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

___ **NM NBR 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

____**NM NBR 33: Concreto – Amostragem de concreto fresco.** Rio de Janeiro, 1998.

ANDERSON, Bridgit. **Catedral de Papelão.** ARCHDAILY, 2014. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-144107/premio-pritzker-2014-novas-fotos-da-catedral-de-papelao-de-shigeru-ban-na-nova-zelandia>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

ANGULO, Sérgio Cirelli. **Variabilidade de Agregados Graúdos de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados.** 2000. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, POLI-USP, 155p.

ARAÇATUBA (Município). **Lei nº7676, de 12 de novembro de 2014. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Araçatuba.** Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a2/sp/a/aracatuba/lei-ordinaria/2014/767/7676/lei-ordinaria-n-7676-2014-aprova-o-plano-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos-do-municipio-de-aracatuba-pmgirs>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. **Manual técnico: Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras.** Brasília: SEBRAE/DF, 2007. 48 p.

BNDES: **O Crescimento da Economia Brasileira 2018-2023.** Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14760/1/Perspectivas%202018-2023_P.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2019.

CALCADO, Gabrielle Christina da Silva. **Influência da adição de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho de argamassas de cimento Portland.** 2015. Dissertação (Monografia para obtenção do grau de Engenheiro Civil) - UFRJ, Rio de Janeiro.

CBIC (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO). Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/custo-da-construcao/cub-medio-brasil-custo-unitario-basico-de-construcao-por-m2>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

CIMENTO.ORG: **CP II F-32 – Cimento Portland composto com Filer. Disponível em:** < <https://cimento.org/cp-ii-f-32-cimento-portland-composto-com-filer/>>. **Acesso em: 29 abr. 2019.**

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE), **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002: Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil**, julho, 2002.

COSTA, N.A.A. **A Reciclagem do RCD: Uma aplicação da análise multivariada**. 2003. 188f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.

FERNANDEZ, Jaqueline Aparecida Bória. **Relatório de pesquisa : Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Brasília: IPEA, 2012. 42 p.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. **"Eco-92"; Brasil Escola**. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/eco-92.htm>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

IBGE. **População Brasileira**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 14 mar. 2019.

MARTINS, Flávia Gadêlha. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em Obras de Grande Porte – Estudos de Caso**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências, Programa de Engenharia, Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

MARQUES NETO, José da Costa. **Diagnóstico para Estudo de Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição do Município de São Carlos - SP**. 2003. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

PINTO, Gilberto Júnior Ferreira; MELO, Eusilei de Suianne Rodrigues Lopes de; NOTARO, Krystal De Alcantara. **Geração de resíduos sólidos da construção civil – Métodos de cálculo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7. 2016, Campina Grande. Artigo... Campina Grande: IBEAS, 2016. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/III-003.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

PINTO, T.P. **Utilização de resíduos de construção. Estudo do uso em argamassas**. São Carlos. 1986. 137p. Dissertação (Mestrado) – EESC, Universidade de São Paulo.

POTENZA, João Luiz. et al. **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo, 2012. 85 p.

PREFEITURA Municipal de Araçatuba. **Fachada do ecoponto instalado no bairro São José**. Disponível em: <<https://aracatuba.sp.gov.br/prefeitura-ativa-ecoponto-no-sao-jose/>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

PREFEITURA Municipal de Araçatuba. **Caminhão transportador de caçamba adentrando ao ecoponto**. Disponível em: <<https://aracatuba.sp.gov.br/prefeitura-ativa-ecoponto-no-sao-jose/>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

SANTOS, Alcimar Laurentino. **Diagnóstico ambiental da gestão e destinação dos resíduos da construção e demolição (RCD): análise das Construtoras Associadas ao SINDUSCON/RN e empresas coletoras atuantes no município de Panamirin – RN**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SANTOS, Eder Carlos Guedes dos. **Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

SILVA, Leonardo Costa e; FELIX, Ludmylla Pires; SANTOS, Thiago Martins dos. **Influência dos Agregados Reciclados de Resíduos de Construção nas Propriedades Mecânicas do Concreto**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso da Escola de Engenharia Civil – Universidade Federal de Goiás.

SIMAS, André Luiz Fernandes. et al. **Plano de Resíduos Sólidos do estado de São Paulo**. 1. Ed. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Coordenadoria de Planejamento Ambiental, CETESB, 2014. 350p.

TARTUCE, Ronaldo, 1946. **Dosagem Experimental do Concreto**/ Ronaldo Tartuce. São Paulo : Pini : IBRACON, 1989. 115p.

TORRES, Levi. **Trabalhador sobre uma montanha de resíduo de construção civil**. ABRECON, 2016 Disponível em:<<https://abrecon.org.br/residuos-da-construcao-e-demolicao-geracao-de-emprego-e-renda/>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

Análise das propriedades físicas e mecânicas do Concreto autoadensável

Analysis of physical and mechanical properties of self-compacting concrete

Diego de Lima Rodrigues¹
Jhessica Glaucia Ribeiro Garçone²
Plinio Delano Francisco Nunes³
André Luis Gamino⁴

RESUMO

O concreto autoadensável (CAA) é necessário para execução de elementos estruturais com alta taxa de armaduras, grandes restrições e para locais de difícil aplicação. Com capacidade de preencher os espaços vazios somente com a força gravitacional devido a sua alta fluidez, que em sua composição utiliza aditivos e agregado miúdos de menores dimensões em um fator elevado água/cimento e assim dispensando o uso de equipamentos mecânicos para adensamento em suas aplicações, em contrapartida cria o risco de segregação dos materiais compósitos e aumento de retração e fluência. Os materiais a serem utilizados foram cimento Portland, aditivo plastificante, areias finas e médias, e como agregado graúdo pedrisco. Os resultados a serem obtidos são uma dosagem CAA com redução de cimento e água que atenda a resistência requerida e análise experimental das propriedades físicas e mecânicas. **Palavras-Chave:** Concreto autoadensável; Trabalhabilidade; Aditivos.

ABSTRACT

The self-compacting concrete (SCC) is used for the execution of structural elements with high rate, with big restrictions and for places of difficult application. It has the capacity to fill the empty spaces with only the gravitational force due to its high fluidity, which in its composition uses additives and aggregates of smaller dimensions in a high factor of water/cement. Therefore, it is possible to dismiss the use of mechanical equipment for densification of the concrete during its application, on the other hand creates the risk of segregation of the composite materials and increased shrinkage and creep. The materials used were Portland cement, superplasticizer additive, fine and medium sands, and gravel as coarse aggregate. The results to be obtained are a SCC dosage with reduction of cement and water that meet the required resistance of the project and experimental analysis of physical and mechanical properties. **Keywords:** Self-compacting concrete; Workability; Additives.

¹ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

² Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

³ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

⁴ Engenheiro civil, Professor Doutor do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba – SP.

Introdução

Segundo Okamura (1997), o CAA é um material que progrediu rapidamente na construção civil. Seu desempenho é alcançado devido sua grande fluidez e alta trabalhabilidade, possibilitando a concretagem de peças densamente armadas e em locais de difícil acesso a vibração. As características que mais se destacam nesse concreto são: capacidade de preencher todos os espaços vazios sem a necessidade de intervenção mecânica e estabilidade para o preenchimento dos espaços sem ocorrer a separação dos seus componentes.

Após ser aprovado em todos os testes ao qual foi submetido pelo grupo de pesquisadores do Japão, em 1988, foi permitido que o concreto adensável se tornasse apto e presente em edificações que necessitam de grande sofisticação em seu processo. É um material que dispensa a utilização de vibradores de imersão para o preenchimento da fôrma, pois seu próprio peso exerce essa função, com o auxílio da força gravitacional (KHAYAT, 2000).

Na execução do concreto autoadensável, é utilizado um alto teor de finos em relação ao agregado graúdo, maior quantidade de cimento e adições minerais. Com a utilização de um alto teor de finos, o concreto garante a eficácia e alta trabalhabilidade, tornando-se um elemento autonivelante, com melhor coesão da pasta e aumento da resistência inicial (GOMES, 2002). A figura 1, demonstra a trabalhabilidade do CAA, assim que lançado durante a concretagem (BASF, 2013).



Figura 1 - Lançamento do concreto autoadensável. Fonte: BASF (2013).

O CAA é um concreto fluído, que se molda na fôrma, dispensando a intervenção humana e mecânica. Sendo assim, ele é indicado em estruturas que possuem alta taxa de armaduras, estruturas que exijam acabamento de concreto aparente, estruturas pré-moldadas, entre outros métodos e obras arquitetônicas.

Por ser um concreto autonivelante, torna-se muito eficaz sua utilização em rampas e calçadas, pois dispensando a intervenção humana, permite que o CAA possua um acabamento superior do concreto convencional. Sua atuação é essencial em obras que exige uma utilização menor de mão de obra, restrição de poluição sonora, concretagem rápida e limitação de espaço que permita poucos equipamentos presentes no local (NUNES, 2001).

A utilização do concreto autoadensável, é consideradamente mais viável. Ele evita a poluição sonora, pois dispensa o uso de vibradores de imersão e outros equipamentos responsável pelo nivelamento do produto. Além disso, possibilita a economia de energia elétrica, devido ao curto tempo que é necessário para a execução do trabalho. Também diminui o risco de acidentes de trabalho, pois não requer muito esforço durante o lançamento (COPPOLA, 2001).

Sua execução, permite reduzir até três vezes a quantidade de operários, pois é facilmente lançado, dispensando o deslocamento e esforço durante o bombeamento. Esse fator possibilita a redução de custos com a mão de obra (NUNES, 2001).

A qualidade do CAA é medida através dos termos de consistência, ao invés da relação das propriedades mecânicas, assim como o concreto convencional. Devido a isso, observa-se que essas propriedades não podem ser avaliadas utilizando os procedimentos convencionais, por exemplo, o *slumptest*, que avalia a consistência. A fluidez do CAA, exige uma metodologia própria de avaliação, para suprir as exigências da qualidade do material, permitindo sua uniformidade e evitando falhas no decorrer da concretagem. Um dos tipos de ensaios para ser utilizado é o *slumpflow*, que é realizado no Cone de Abrams, no qual mede-se o diâmetro da abertura do concreto após seu lançamento (KHAYAT, 1999).

Com o grande crescimento da construção civil criou a necessidade de construir mais rápido para garantir a demanda exigida, contudo obtendo novos processos construtivos com o melhor custo benefício, garantindo a qualidade requerida e segurança dos trabalhadores.

Apesar das construtoras julgarem que o concreto autoadensável tem um custo mais elevado que o concreto convencional, o estudo do concreto autoadensável é de extrema importância para as obras correntes e pré-moldadas, pois possuem tecnologia e qualidade superiores às do concreto convencional, aumentando assim a qualidade da sua estrutura.

Materiais e métodos

É de suma importância, realizar um estudo, viabilizando a otimização da dosagem do concreto autoadensável, estudando sua capacidade de resistência a compressão normal, avaliando a influência dos materiais do concreto no estado fresco e endurecido

Para a realização dos ensaios, foi necessário a seleção e caracterização dos materiais empregados na fabricação do concreto autoadensável. A escolha dos elementos, foi realizada de acordo com a necessidade para a obter o material requerido.

Para a obtenção e fabricação do concreto, foi analisado inicialmente a influência da dimensão do agregado graúdo e do seu volume, de acordo com a quantidade total de concreto, para garantir um concreto estável e com resistência adequada. Essa verificação utilizou os ensaios de espalhamento, Funil-V e caixa "L". Com isso, será possível ajustar o teor de aditivos plastificantes para atender os requisitos de auto compactabilidade, sendo avaliados em relação à segregação e resistência a compressão.

Nessa pesquisa, foi realizado a fabricação de dois tipos de concreto autoadensável, para análise individual de cada um, considerando sua eficácia, disposição no mercado e principalmente, qual é mais viável para ser aplicado em obras.

Ensaio - Espalhamento (slumpflow)

O espalhamento é o método de ensaio mais popular para avaliação das propriedades do concreto autoadensável. Com ele, é possível obter informações de fluidez e a trabalhabilidade de preenchimento em fluxo livre em sua aplicação.

O teste de espalhamento, utiliza o mesmo aparato para realização do ensaio de abatimento do concreto convencional, realizado pelo teste cone de Abrams. A diferença deles, é a forma de aplicar o concreto na forma e na dimensão da base da chapa.

O molde deverá estar limpo e umedecido, centralizado e fixado com os pés nas aletas, após isso pode iniciar o preenchimento do mesmo.

O resultado é determinado pela média aritmética de duas medidas de diâmetro, perpendiculares. A tabela 1 e figura 2, demonstra as classes de espalhamento durante o ensaio.

Tabela 1 – Classes de espalhamento – *Slumpflow*.

Classe	Espalhamento (mm)
SF1	550 a 650
SF2	660 a 750
SF3	760 a 850

Fonte: NBR 15823-2 (2010).

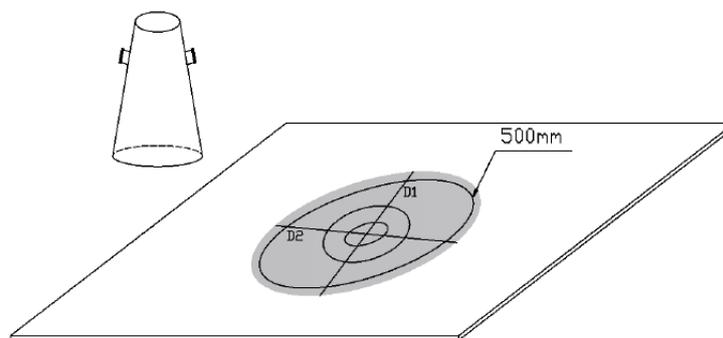


Figura 2 – Ensaio de espalhamento. Fonte: NBR 15823-2 (2010).

Sendo as classes SF1, SF2 e SF3, prescritas pela NBR 15823-2 (2010), levando em consideração o tipo de estrutura e armaduras a serem concretadas. Espalhamentos abaixo do limite inferior, indicam que o concreto está pouco fluido, sendo necessário uso de água ou superplastificante para fluidificar o material, já se a medida estiver acima do limite superior, é necessário tornar o concreto mais coeso, para que não haja segregação.

Tempo de Espalhamento

Segundo Tutikian (2004), T500 (tempo de escoamento) é usado para avaliar viscosidade do concreto muito fluido. O CAA com baixa viscosidade apresenta um rápido espalhamento, porém, de curta duração. Por sua vez, o CAA com alta viscosidade se move de forma mais lenta e progressiva por um tempo mais longo.

O procedimento deste ensaio é realizado junto ao espalhamento, sendo feito um círculo de 500 mm de diâmetro centrado na base e cronômetro.

O cronômetro é acionado assim que o cone é erguido verticalmente. O resultado do T500 é o intervalo de tempo em segundos, do início ao final do escoamento do concreto, a partir do diâmetro do molde (200mm) até a marca circular (500mm) da placa base.

As classes de concreto do ensaio são VS1 e VS2, segundo NBR 15823 (2010). Concretos de classe VS1 são adequados a elementos estruturais com alta densidade de armadura, definem maior controle de exsudação e segregação, entanto, a classe VS2 é adequada para maioria das aplicações correntes, podendo apresentar efeitos negativos, com relação á superfície de acabamento, em preenchimento de cantos e demora entre sucessivas camadas

Ensaio - Funil-V

Basicamente, este ensaio é realizando preenchendo-se um funil de seções retangulares com o concreto autoadensável, aferindo- se o tempo gasto para o escoamento total da mistura. Simula uma avaliação da capacidade do concreto em passar por seções estreitas e também um indicador da viscosidade deste concreto. A relação água/cimento é diretamente proporcional ao tempo de escoamento no funil. O aumento no teor de superplastificante não gera grande influência no tempo de fluidez por este ensaio.

A resistência à segregação pode ser avaliada neste ensaio, através da repetição do processo 5 minutos após a primeira determinação, verificando se houve um acréscimo de tempo em relação a medida inicial acima de 3 segundos (EFNARC, 2002). A figura 3 demonstra o funil e suas medidas, para realização do teste.

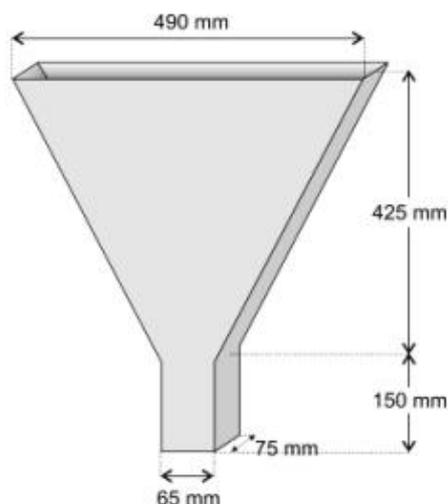


Figura 3 – Funil-V. Fonte: Alencar (2008)

Ensaio – Caixa “L”

A determinação final deste ensaio é testar a capacidade do concreto em passar por restrições, simulando as armaduras, bem como sua deformabilidade, resistência de bloqueio e segregação.

A parte vertical da Caixa “L” é preenchida, permitindo a passagem do material para a parte horizontal, até este escoar pelas barras verticais existentes, como ilustrado na figura 4. Também é possível medir o tempo decorrido para que o concreto atinja as distâncias de 20 e 40 cm no eixo horizontal, sendo definidos como adequados, tempos entre 1 e 2 segundos (GOMES, 2002).

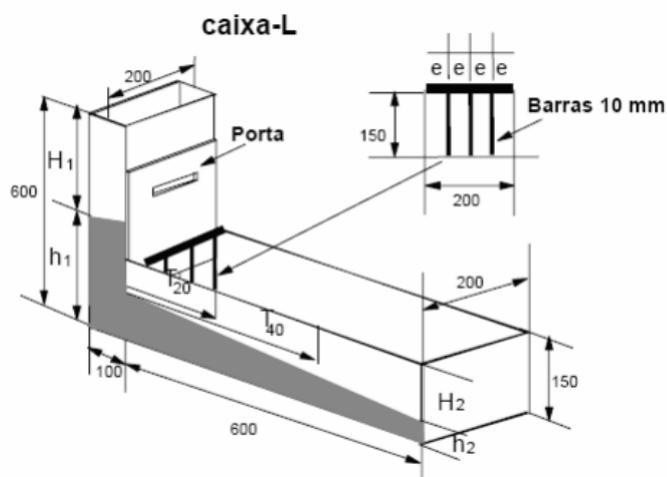


Figura 4 – Ensaio em Caixa “L”. Fonte: EFNARC (2002).

Ensaio de resistência a compressão

O teste de resistência do concreto foi feito pelo método do ensaio de compressão axial, demonstrados pelas fórmulas abaixo:

$$f_c = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot D^2}$$

Fonte: NBR 5739 (2018)

Onde:

f_c é a resistência a compressão em (MPa)

F é a força máxima alcançada em (N)

D é o diâmetro do corpo de prova em (mm)

Após conclusão dos ensaios de ruptura, foram feitos os cálculos de resistência média alcançada pelos rompimentos dos CP's através da fórmula abaixo.

$$f_{cm} = \sum \frac{f_{c1} + f_{c2} + \dots + f_{cn}}{n}$$

Fonte: NBR 5739 (2018)

Por recomendação da norma, NBR 5739 (2018), foi feito a estatística de desempenho descrita no anexo B, partindo do desvio padrão descrita abaixo:

$$S_c = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (f_i - f_{cm})^2}$$

Fonte: NBR 5739 (2018)

Onde:

f_{cm} é a média das resistências encontradas em (MPa)

f_i é o valor de cada resistência em (MPa)

n é o numero de exemplares

Com o desvio padrão calculado, foram feitos novamente os cálculos de f_{ck} para cada traço produzido, sendo adotado a seguinte fórmula.

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,65 \cdot S_c$$

Fonte: NBR 5739 (2018)

Onde:

f_{cm} é resistência média a compressão de concreto, em megapascal (MPa)

f_{ck} é resistência característica a compressão de concreto, em megapascals (MPa)

S_c é o desvio-padrão, em megapascal (MPa)

$$f_{ck} =$$

Obtido o valor da resistência média do cálculo, esse valor é aplicado nas fórmulas abaixo e encontramos os tempos de ensaio.

$$T, \text{mínimo} = \frac{f_{cm}}{0,3} =$$

$$T, \text{máximo} = \frac{f_{cm}}{0,6} =$$

Os divisores 0,3 e 0,6 são valores fixados para determinação do tempo mínimo e máximo de carregamento aplicado nos corpos de prova no momento do rompimento.

Logo em seguida foi realizado cálculos para estimativa de cada concreto, utilizando a formula abaixo:

$$S_e = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{d_2 \cdot n_i}$$

Fonte: NBR 5739 (2018)

Onde:

A_i é amplitude de valores de resistência em (MPa)

d_2 é o coeficiente relacionado ao número de CP's

n_i é o número de exemplares da amostra

Com o valor de Se , é possível aplicar em formula para calcular valores de coeficiente de variação de ensaio (CVe), que foi encontrado na divisão dos valores Se e f_{cm} , representados na formula abaixo.

$$CVe = \frac{Se}{f_{cm}}$$

Fonte: NBR 5739 (2018)

Resultados e discussões

A execução dos ensaios iniciou-se com a seleção dos materiais. Essa etapa foi realizada com a escolha dos agregados, inicialmente foi selecionado visualmente a areia média e brita 0. Em seguida foi realizado o peneiramento da areia para obtenção da granulometria correta de acordo com a NBR 7211 (2009). Todos os materiais foram pesados de acordo com o traço estabelecido a partir dos testes, em seguida foram adicionados na betoneira onde foi realizado a mistura dos materiais.

Foi realizado o primeiro ensaio, utilizando um traço já calculado e usado por algumas construtoras da região, o qual dispensa a utilização de aditivos. Após estudar as características do aditivo hiperplastificante da linha MasterGlenium, foi possível a fabricação de um segundo traço que utiliza o aditivo que foi escolhido pelo fato de ser compatível com todos os tipos de cimento Portland, possuir uma alta taxa de redução de água, não alterar o tempo de pega do cimento, facilitar o adensamento e lançamento do concreto, permitir a redução do cimento, permitir a redução da permeabilidade e retração, fatores indispensáveis para fabricação do concreto autoadensável.

A fabricação do traço foi realizada através de testes, primeiramente utilizando o traço empírico 1:3:3, utilizado em estruturas convencionais, de acordo com a NBR 6118 (2014). Após esse processo, foi observado por meio dos testes de espalhamento e Caixa "L" que o traço precisava de alterações para se adequar nas exigências da NBR 15823 (2010) na fabricação e aplicação do concreto autoadensável. Conforme a análise, foi feita a alteração da quantidade de materiais,

até alcançar resultados aceitáveis nos respectivos testes. A tabela 2, demonstra o traço do concreto autoadensável com aditivo e do concreto autoadensável que dispensa o uso de aditivo.

Tabela 2: Traço para produção.

Descrição	Cimento(kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (l)	Aditivo(ml)
Com aditivo	1	2,03	2,08	0,625	0
Sem aditivo	1	2,90	2,95	0,469	70

Fonte: Autores

Tempo de mistura

Conforme padrão estabelecido para mistura de materiais e capacidade total da betoneira de conforme figura 17, foi adotado uma sequência para mistura de todos os materiais, onde foram seguidos e realizados conforme a NBR 7212 (2012)

- 1º etapa: Ligar a betoneira e colocar a brita junto com metade da quantidade prescrita de água, deixando girar por um minuto.
- 2º etapa: Colocar aos poucos a quantidade de cimento determinada para a quantidade de concreto prevista.
- 3º etapa: Adicionar a areia incluindo, ao mesmo tempo, a segunda metade da quantidade de água.
- 4º etapa: Deixar girar por 3 minutos.



Figura 5- Betoneira em produção. Fonte: Autores.

Espalhamento (slumpflow)

Realizada em uma placa de madeirite resinada com espessura de 12mm, que foi apoiada ao solo garantindo o nivelamento e realizado as marcações de 200mm de diâmetro e 500mm de diâmetro. Com o cone de Abrams apoiado no centro da chapa foi adicionado o concreto até a sua face superior, com cronometro posicionado para início do ensaio.

Foi adotado o tempo de escoamento a partir do teste de espalhamento. O tempo foi obtido iniciando o cronômetro quando o concreto atingiu 200mm de diâmetro e encerrado quando alcançou 500mm. O tempo adquirido pelos traços estão demonstrados na tabela 3.

Tabela 3: Resultados do ensaio de espalhamento

Descrição	Classe	Tempo (s)
Concreto com aditivo	VS1	1,15
Concreto sem aditivo	VS1	0,8

Fonte: Autores.

Além do tempo de escoamento, é necessário a conferência do diâmetro que o concreto que o concreto espalhou, assim como na figura 6. É necessário um espalhamento maior que 600mm e até 850mm para atingir uma habilidade de preenchimento adequada durante a concretagem. Espalhamento abaixo do limite inferior, indica que o concreto está pouco fluido, sendo necessário adição de água ou aditivo para fluidificar o material. Caso a medida estiver acima do limite superior, é necessário tornar o concreto mais coeso, para que não haja segregação. A tabela 4 e figura 6 mostra os resultados obtidos a partir do ensaio.



Figura 6- Resultados do ensaio de espalhamento. Fonte: Autores.

Tabela 4: Resultados do ensaio de espalhamento

Descrição	Classe	Diâmetro (mm)
Concreto com aditivo	SF1	620
Concreto sem aditivo	SF1	650

Fonte: Autores.

Cavalcanti (2006) realizou o ensaio de espalhamento alcançando 770mm. (SF3) de diâmetro após o cone de Abrams ser levantado utilizando 0,81 segundos para atingir a marca de 500mm. Os resultados obtidos pelos dois traços do trabalho e pelo autor Cavalcanti (2006) estão de acordo com a NBR 15823-2 (2010), sendo identificado como elementos adequados para estruturas com alta densidade.

Funil - V

Para a realização do ensaio foi fabricado um funil de placa de madeirite renisada com espessura de 12mm conforme figura 7. O concreto foi adicionado com ajuda de um recipiente plástico até a face superior do funil para se realizar o ensaio conforme figura 8. O ensaio foi realizado com os dois traços de concreto autoadensável e com o cronômetro posicionado, em seguida erguido o funil -V verticalmente, foi marcado o tempo de escoamento e logo após 5 minutos foi realizado o mesmo teste para garantir que não teve acréscimo de tempo do escoamento superior a 3 segundos, com nível de aceitação de 6 a 12 segundos a medida utilizada (EFNARC, 2002).

**Figura 7-** Funil - V fabricado. Fonte: Autores.



Figura 8- Funil - V realizando ensaio. Fonte: Autores.

Esse ensaio simula uma avaliação da capacidade do concreto em passar por seções estreitas e indicador da viscosidade do material. O resultado obtido pelos dois traços está demonstrado na tabela 5.

Tabela 5 -Resultados do ensaio de funil – V.

Descrição	1º ensaio (tempo s)	2º ensaio, após 5 minutos (tempo s)
Concreto com aditivo	7	9,2
Concreto sem aditivo	6,4	8,5

Fonte: Autores.

Cavalcanti (2006) obteve um tempo de 10 segundos para a primeira realização do teste e após 5 minutos foi refeito o ensaio, onde obteve um acréscimo de 2 segundos, resultando em 12 segundos. Christiane Meneses (2006) também executou o ensaio do funil-V, primeiramente obteve um resultado 7 segundos e contabilizado 5 minutos para refazer o teste obteve o tempo de 12 segundos. Os dois autores atingiram o nível de aceitação do ensaio, assim como os resultados que foram alcançados e demonstrados na tabela 5.

Caixa “L”

Para a realização do ensaio foi fabricado uma caixa “L” com capacidade de 14 litros, utilizando uma placa de madeirite renisada com espessura de 12mm. Foi necessário marcar a caixa com as medidas de 20 cm e 40 cm para análise durante o ensaio. Foi inserido 5 barras com diâmetro de 8mm na parte vertical da caixa, afim de demonstrar a passagem do concreto pelas armaduras, conforme demonstrado na figura 9.



Figura 9- Caixa “L”. Fonte: Autores.

Logo após produzir o traço, a parte vertical da caixa foi preenchida com o concreto até a sua face superior e foi acionado e encerrado o cronômetro entre as marcações para obter o resultado do teste. De acordo com Gomes (2002), o concreto deve atingir um tempo de escoamento entre 1 e 2 segundos, respectivamente nas medidas que foram citadas. Com abertura da chapa que impedia o escoamento foi possível visualizar a capacidade do concreto em ultrapassar as armaduras, assim como mostra a figura 10.



Figura 10 - Caixa “L” durante o ensaio. Fonte: Autores.

Cavalcanti (2006) realizou o ensaio da Caixa “L” e obteve o tempo de 1,2 segundos na marca de 20cm e 2 segundos na marca de 40cm. O ensaio de Christiane Menezes (2006) obteve o tempo de 1,35 segundos na marca de 20cm e 2 segundos na marca de 40cm, podendo ser considerado resultado aceitáveis de acordo com Gomes (2002). Os resultados listados na tabela 6, permite confirmas a capacidade dos traços executados no trabalho em passar por restrições, bem como sua deformabilidade, resistência do bloqueio e resistência a segregação.

Tabela 6- Resultados do ensaio caixa “L”.

Descrição	Resultado	Tempo de escoamento com 20cm (s)	Tempo de escoamento com 40cm (s)	Quantidade de concreto (l)
Concreto com aditivo	>1 e <2	1,2	1,62	14
Concreto sem aditivo	>1 e <2	1,1	1,33	14

Fonte: Autores.

Ensaio de resistência a compressão

O teste de resistência do concreto foi feito pelo método do ensaio de compressão axial. Os CP's foram retirados com 7, 14 e 28 dias, em seguida foi levado para realização dos ensaios no laboratório, onde foi nivelado as superfícies para que encaixe perfeitamente na máquina para realização do ensaio.

A máquina exerce uma força gradual de compressão sobre o CP até que o mesmo venha a romper conforme figura 11, a força exercida é dividida pela área do topo do CP em cm^2 , sendo necessário a medição de cada amostra. Não foi realizada a medição individual de cada amostra, sendo assim foi adotado a medida padrão de 100mm^2 . Foi obtido a relação da força em Newton (exercido pela máquina) por cm^2 , que para obter em MPa, aplicando as fórmulas, alcançando os resultados conforme tabela 7 e 8.

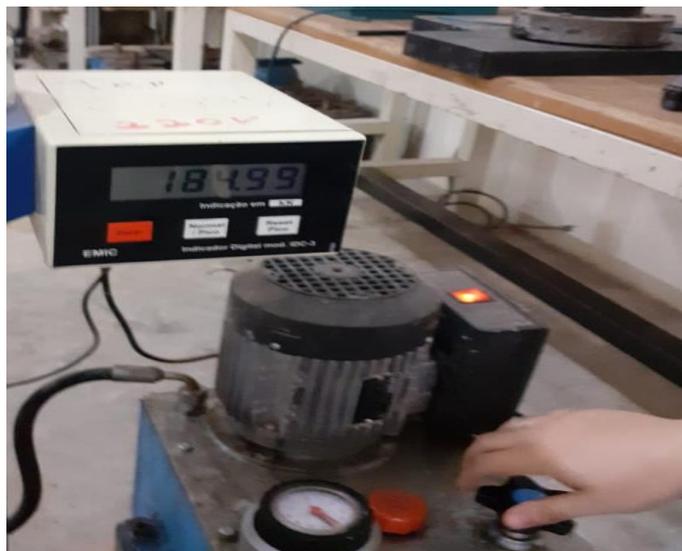


Figura 11 - Corpos de provas em ensaio. **Fonte:** Autor

Tabela 7 - Resultados do teste de compressão concreto com aditivo.

Concreto	Tempo de rompimento (dias)	Carga de ruptura (N)	Resistência calculada (MPa)	Tempo de rompimento (s)	Taxa calculada (MPa/s)
Concreto com aditivo	7	154780	19,70	52	0,38
Concreto com aditivo	14	162420	20,67	65	0,32
Concreto com aditivo	28	193172	24,98	71	0,35

Fonte: Autores.

Tabela 8 - Resultados do teste de compressão concreto sem aditivo.

Concreto	Tempo de rompimento (dias)	Carga de ruptura (N)	Resistência calculada (MPa)	Tempo de rompimento (s)	Taxa calculada (MPa/s)
Concreto sem aditivo	7	17630	22,45	65	0,34
Concreto sem aditivo	14	18199	23,17	61	0,38
Concreto sem aditivo	28	18983	24,16	63	0,38

Fonte: Autores.

Após conclusão dos ensaios de ruptura, foram feitos os cálculos de resistência média alcançada pelos rompimentos dos CP's, já mencionados na tabela 7 do concreto com aditivo, e na tabela 8 com concreto sem aditivo. Para análise das amostras, foram executados 2 traços diferentes de concreto, sendo assim, foi realizado os cálculos individualmente de acordo com a NBR 5739 (2018). É permitido obter uma taxa de até 0,40MPa/s durante o rompimento de cada amostra.

Amostras após o 28 dia de cura

1) Concreto com aditivo

$$f_{cm} = \frac{(19,70+20,67+24,98)}{3} = 21,78 \text{ (MPa)}$$

2) Concreto sem aditivo

$$f_{cm} = \frac{(22,45+23,17+24,16)}{3} = 23,26 \text{ (MPa)}$$

Por recomendação da norma, NBR 5739 (2018), foi feito a estatística de desempenho descrita no anexo B, partindo do desvio padrão de cada traço.

1) Concreto com aditivo

$$S_c = \sqrt{\frac{(0,28 + 0,33 + 0,4)}{3}} = 0,37 \text{ MPa}$$

2) Concreto sem aditivo

$$S_c = \sqrt{\frac{(0,32 + 0,33 + 0,35)}{3}} = 0,33 \text{ MPa}$$

O desvio padrão depende de variáveis estabelecidas pela NBR 5739 (2018).

A condição aplicável a todas classes de concreto, os agregados e o cimento e medido em massa, sendo que, a água de amassamento medido em volume.

Com o desvio padrão calculado, foram feitos novamente os cálculos de f_{ck} para cada traço produzido de acordo com a NBR 5739 (2018).

1) Concreto com aditivo

$$f_{ck, est} = 21,78 - 1,65 \cdot 0,37 = 21,17 \text{ MPa}$$

$$f_{ck, est} = 21,17 > 20 \text{ MPa}$$

2) Concreto sem aditivo

$$f_{ck, est} = 23,26 - 1,65 \cdot 0,33 = 22,71 \text{ MPa}$$

$$f_{ck, est} = 22,71 > 20 \text{ MPa}$$

Os valores do coeficiente d2 pode ser observado na tabela 9.

Tabela 9 – Coeficiente d2.

Quantidade de corpos de prova	Coeficiente d2
2	1,128
3	1,693
4	2,059
5	2,326
6	2,534

Fonte: NBR 5739 (2018).

Logo em seguida foi realizado cálculos para estimativa de cada concreto, utilizando a fórmula da NBR 5739 (2018).

Concreto com aditivo

$$S_e = \frac{(24,98 - 19,70)}{3 \cdot 1,693} = 1,039 \text{ MPa}$$

Concreto sem aditivo

$$S_e = \frac{(24,16 - 22,45)}{3 \cdot 1,693} = 0,34 \text{ MPa}$$

Com o valor de Se , é possível aplicar em fórmula para calcular valores de coeficiente de variação de ensaio (CVe), que foi encontrado na divisão dos valores Se e f_{cm} , de acordo com a NBR 5739 (2018).

Concreto com aditivo

$$CVe = \frac{1,039}{20,93} = 0,049 \times 100 = 4,9\% > 5\%$$

Concreto sem aditivo

$$CVe = \frac{0,34}{23,26} = 0,01 \times 100 = 1\% \leq 3\%$$

Desse modo, os dois concretos que foram analisados, o valor dos coeficientes de variação encontrado é 4,9% para o concreto com aditivo, sendo avaliado como nível de variação bom, de acordo com NBR 5739 (2018) e o concreto sem aditivo obteve um nível de variação de 1%, considerado excelente. Analisando também os outros coeficientes, observa-se que os 2 concretos estão de acordo com a norma NBR 5739 (2018).

Com o valor de CVe , podem ser comparados na Tabela 10 que é fornecida em anexo da norma e determina os níveis de análises.

Tabela 10– Coeficiente de variação **Fonte:** NBR 5739 (2018).

Coeficiente de variação (cve) %				
Nível 1 (excelente)	Nível 2 (muito bom)	Nível 3 (bom)	Nível 4 (razoável)	Nível 5 (deficiente)
$cve \leq 3,0$	$3,0 < cve \leq 4,0$	$4,0 < cve \leq 5,0$	$5,0 < cve \leq 6,0$	$cve > 6,0$

Fonte: Autores.

Rompimento dos corpos de prova

Com os corpos de prova rompidos, foi possível detectar quais tipos de fissuras os traços foram submetidos. Nessa etapa foi possível observar que ambos obtiveram ruptura por esmagamento, causadas pela falta de adensamento quando o concreto foi lançado nos CP's.

O gráfico 1 possibilita a comparação da variação do ganho de resistência à compressão axial do concreto com uso de aditivo, concreto sem uso de aditivo e concreto ensaiado Tutikian (2004).

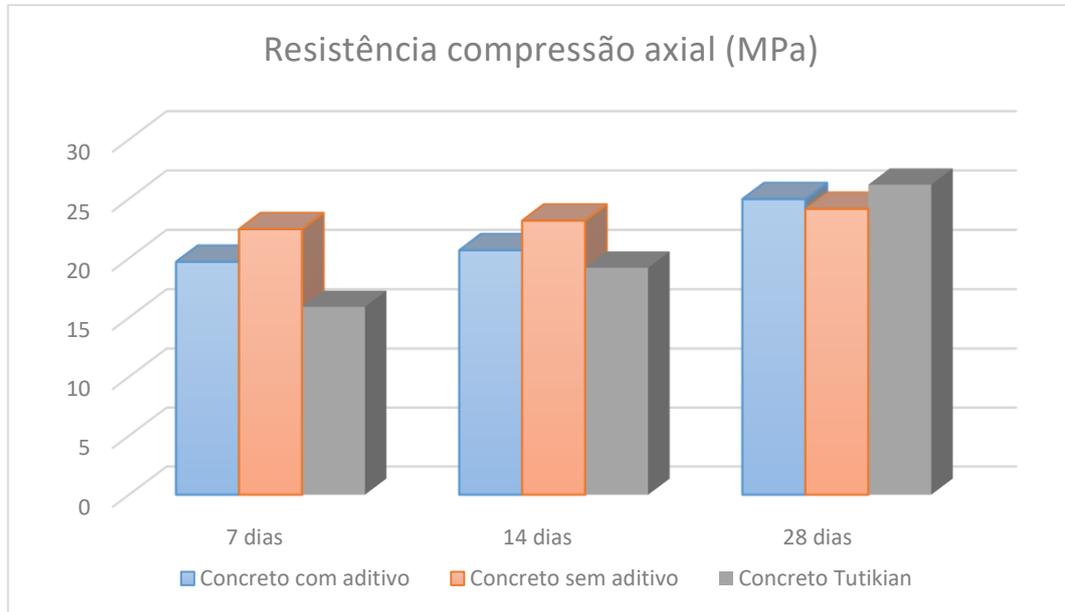


Gráfico 1 – Comparação do ganho de resistência com Tutikian (2004).

Fonte: Autores.

Com os corpos de prova rompidos, foi possível detectar quais tipos de fissuras os traços foram submetidos. Nessa etapa foi possível observar que ambos obtiveram ruptura por esmagamento, causadas pela falta de adensamento quando o concreto foi lançado nos CP's. A falta de adensamento dos componentes do concreto, causa a segregação dos agregados, tornando a seção do centro ou seção inferior da amostra mais resistente que a superior, resultando em fissurações nas extremidades da mesma. A figura 12 permite observar a ruptura do concreto que utiliza aditivo plastificante e a figura 13 do concreto que dispensa o uso de aditivo.



Figura 12 – Ruptura causada por esmagamento. Fonte: Autores.



Figura 13 – Ruptura causada por esmagamento. Fonte: Autores.

Esse resultado implicou na resistência do traço, pois se a etapa do adensamento do concreto nos corpos de prova fosse realizada com êxito, evitaria a segregação de seus componentes possibilitando a obtenção de uma maior resistência a cargas de compressão. A resistência a segregação está relacionada com a carga que a amostra suporta até seu rompimento.

Conclusão

Na análise em relação aos dois traços de concreto ensaiado, foi possível identificar que ambos apresentaram todos os requisitos do autoadensável. Também foi observado a semelhança entre as resistências adquiridas no 28º dia de idade de cura dos concretos, onde o concreto com aditivo e menor teor de cimento alcançou

a resistência à compressão axial de 24,98 Mpa e o concreto sem aditivo e com maior teor de cimento alcançou 24,16 Mpa.

Com isso é possível afirmar que mesmo possuindo uma quantidade inferior de cimento, o qual garante a resistência do concreto, não resultou em um material menos resistente. A diferença é que o concreto sem aditivo possui uma pega acelerada, devido seu alto teor de aglomerantes (cimento), resultando em um material com alta resistência inicial.

O concreto que é caracterizado pelo uso de aditivo obteve resultados mais favoráveis nos demais ensaios que foram realizados apesar de possuir um coeficiente de variação maior, pois foi possível identificar visualmente que o traço citado permitiu que o concreto resultasse em um material mais fluído, homogêneo, coeso e com melhor desempenho em relação a trabalhabilidade.

Foi observado que o risco de segregação dos materiais compostos foi reduzido. Além disso, possibilitou a economia durante sua fabricação devido a redução da utilização de aglomerantes no traço, o qual analisado em grande escala, torna-se mais viável o uso do aditivo é capaz de substituir a necessidade de utilizar uma quantidade elevada de cimento.

Referências Bibliográficas

ALENCAR, R. S. A. **Dosagem do concreto autoadensável: produção de pré-fabricados**. 2008. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2008. Acesso em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-19092008-161938/ptbr.php>, acesso em 20 mai 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT **NBR 5739: Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018. 9 p. Acesso em 13 de junho de 2019.

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: procedimento**. Rio de Janeiro, 2014. 238 p. Acesso em 16 de maio de 2019.

____. **NBR 7211: Agregado no estado solto**. Rio de Janeiro, 1982. 11 p. Acesso em 22 de agosto de 2019.

____. **NBR 15823: Concreto autoadensável. Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco**. Rio de Janeiro, 2010. 11 p. Acesso em 19 de abril de 2019.

____. **NBR 15823: Concreto autoadensável. Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de Abrams**. Rio de Janeiro, 2017. 5 p. Acesso em 19 de abril de 2019

BASF. **Sistema de concreto autoadensável**. Master Builders Solutions, [s. l.], ed. 3, p. 4-8, 2018. Disponível em: <https://www.master-builders-solutions.basf.com.br/>. Acesso em: 1 mar. 2019.

CAVALCANTI, Diogo. **Contribuição ao estudo de propriedades do concreto autoadensável e sua aplicação em elementos estruturais**. 2006. 141 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2006. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/.pdf>. Acesso em: 3 de maio de 2019.

COPPOLA, L. **Reologia e proporções do concreto autoadensável**. Indústria Italiana do Cimento, v. 71, p. 56-64. 2001.

EFNARC. European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems. **Especificações para concreto autoadensável**, Reino Unido, p. 12-21, 2002. Disponível em: <http://www.efnarc.org/pdf/SandGforSCC.PDF>. Acesso em: 4 ago. 2019

GOMES, P. C. C. **Otimização e caracterização do concreto autoadensável**, 2002. 139p. Tese (Doutorado), - Universidade Politécnica da Catalúnia, Barcelona, Espanha, 2002.

KHAYAT, K. H. **Teste e performance de auto consolidação do concreto**. *Jornal ACI Materiais*, v. 94, n. 4, p. 346-353, 12 out. 1999.

KHAYAT, K. H. **Otimização e performance do concreto autoadensável**. *Jornal ACI Materiais*, v. 97, n. 4, p. 526-535, 4 fev. 2000.

MENEZES, C. M. **Concreto autoadensável utilizando metacaulim e pó de pedra como adições minerais**. 2006. 121p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5596/1/arquivo6222_1.pdf. Acesso em: 22 de setembro de 2019.

NUNES, S. C. B. **Betão Auto-compactável: Tecnologia e Propriedades**. Pós-Graduação em Estruturas de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia do porto, Porto, 2001, p.198.

OKAMURA, H. **Auto compactação do concreto**. *Concreto Internacional*, v.19, p. 50-54, 1997.

TUTIKIAN, B. F. **Método para dosagem de concretos autoadensáveis**. 2004. 230p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3918/000450678.pdf>. Acesso em 09 de julho de 2019.

Análise experimental da resistência mecânica de argamassas convencional, industrializada e polimérica aplicadas em tijolos solo-cimento

Experimental analysis of the mechanical strength of conventional, industrialized and polymeric mortars applied in soil-cement bricks

Caroline Nobre Santos¹
Gabriel de Carvalho Raimundo¹
Humberto Luis Cunha Sousa¹
Ágatha Stela de Morais²
André Luís Gamino²

RESUMO

O presente trabalho teve como proposta a análise comparativa por meio de ensaios laboratoriais das propriedades mecânicas (resistência à compressão, compressão diametral, compressão e tração média, e testes de absorção de água) das argamassas convencional, industrializada e polimérica separadamente e aplicadas no tijolo solo-cimento. A principal proposta foi analisar o comportamento mecânico da argamassa polimérica e industrializada frente à argamassa convencional, utilizando corpos de provas cilíndricos e realizando os ensaios acima citados para perceber os parâmetros técnicos. Foram confeccionados 20 corpos de prova de ambas argamassas, utilizando tempo de cura de 24 horas. Tais corpos de prova permaneceram 28 dias submersos na água; transcorrido tal prazo, eles foram retirados da água e submetidos ao teste de compressão diametral. Para o teste de absorção por imersão, foram feitos três corpos de provas cilíndricos e após a cura, foram obtidas suas respectivas massas e posteriormente foram levados a uma estufa com temperatura até 105° C, mantidos por 72 horas, foram retirados e deixados resfriar em temperatura ambiente e novamente determinada a massa; os mesmos três corpos permaneceram na água por 72 horas sendo retirados e determinadas suas massas. Após os procedimentos citados seguindo a NBR 9778 (2005), foram obtidos os resultados para cada teste realizado, onde provou-se que a norma não se aplica a argamassa polimérica, sendo insuficiente para realizar os testes que foram propostos; já para a argamassa convencional e industrializada, seus resultados ficaram entre os parâmetros da mesma, sendo aprovados pelas normas NBR 8492 (2012) e NBR 13279 (2005).

Palavras-Chave: argamassa convencional; argamassa polimérica; argamassa industrializada; resistência à compressão; resistência à tração média; absorção de água.

¹ Acadêmicos do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

² Docentes do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

ABSTRACT

The present work had as proposal a comparative analysis through laboratory tests of the mechanical properties (compressive strength, diametral compression, compression and average tensile strength, and water absorption tests) of conventional, industrialized and polymeric mortars separately and applied to the soil-cement brick. The main proposal was to analyze the mechanical behavior of polymeric and industrialized mortar compared to conventional mortar, using cylindrical specimens and performing the above tests to understand the technical parameters. Twenty specimens of both mortars were made, the cure time in the form was 24 hours and then 28 days submerged in water; after this period, they were removed from the water and submitted to the diametral compression test. For the immersion absorption test, three cylindrical specimens were also made and after curing they obtained their respective masses and were later taken to a greenhouse with temperature up to 105° C, kept for 72 hours, removed and allowed to cool at room temperature. and again determined the mass; the same three bodies remained in the water for 72 hours and were removed and their masses determined. After the procedures mentioned following NBR 9778 (2005), the results were obtained for each test performed, which proved that the standard does not apply to polymeric mortar, being insufficient to perform the tests that were proposed; For conventional and industrialized mortar, its results were within its parameters, being approved by cades NBR 8492 (2012) and NBR 13279 (2005).

Keywords: conventional mortar; polymeric mortar; industrialized mortar; compressive strength; medium tensile strength; water absorption.

Introdução

Tem-se utilizado na engenharia civil em suas construções, argamassa cimentícia para assentamento de alvenaria, isso porque era o melhor material frente aos demais testados por conta da resistência mecânica, durabilidade e outros aspectos. Segundo Nakakura (2003) “Não existem estimativas do volume de argamassa consumido em nosso país. O assentamento de blocos, contra piso e revestimento externo representa 70% do volume de argamassa”.

A argamassa polimérica foi mostrada em uma revista Norte Americana em meados de 1981, porém, a sua formulação química já existia na década de 1970. No Brasil, a argamassa polimérica foi pouco difundida até março de 2011, quando uma argamassa polimérica chamada Massa DunDun foi lançada em umas das principais feiras do mercado de construção civil, FEICON (Feira Internacional da Construção), onde houve uma forte repercussão na mídia nacional (Araújo, 2015).

Ultimamente vem sendo desenvolvido um tipo de argamassa que tem ganhado espaço na construção civil, a argamassa polimérica, que segundo os manuais técnicos dos fabricantes Cola Bloco, é a massa que permite o assentamento sem excessos de massas e com camadas mais finas, de 2800 a 3000 tijolos por dia no levantamento de paredes internas e externas. A argamassa polimérica CB (Cola Bloco) é uma inovação que traz economia real de tempo, material, mão de obra e dinheiro, com economia próxima de 30%. As composições químicas das argamassas poliméricas de assentamento existentes no mercado variam, pois existem diferentes formulações, tipos, quantidades e qualidades de matérias primas empregadas na composição. Normalmente contêm resinas sintéticas, cargas minerais e diversos aditivos com espessantes e estabilizantes, resultando em diferentes desempenhos mecânicos e durabilidade. A argamassa polimérica de assentamento é livre da emissão de gases poluidores e reduz o uso de areia na construção civil, diminuindo o impacto ambiental nos leitos de rios (Silva et al, 2013).

Segundo o relatório anual do Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (SNIC) de 2013, a fabricação de 1 kg de cimento emite mais de 600 gramas de gás carbônico (CO₂) na atmosfera. A nova tecnologia de material elimina a necessidade do uso da areia em sua composição, contribui para diminuir a retirada deste material dos leitos de rios, evitando os problemas ambientais associados a esta prática.

A argamassa sintética, argamassa polimérica ou composto polimérico para assentamento, refere-se a um grupo que servem de opção à argamassa convencional ou cimentícia, para aplicações na construção nas etapas de alvenaria e revestimento. A argamassa cimentícia, quando adicionados aditivos poliméricos para melhorar seu desempenho ou alterar algumas propriedades, também pode ser chamada usualmente de argamassa polimérica (Rocha, 1997).

A argamassa polimérica é usada no assentamento de tijolos cerâmicos ou blocos na execução em alvenarias de vedação ou estrutural, contendo avanços significativos quanto à facilidade nas tarefas diárias de uma obra (Rocha, 1997).

As argamassas são constituídas por materiais com propriedades de endurecimento e aderência, são obtidas através de uma mistura de água, aglomerante e agregado miúdo, e podem também ser adicionados alguns aditivos. A argamassa polimérica, segundo Silva (1991), é uma inovação e está sendo muito explorada no mercado, com os seus aditivos ela se torna um benefício para todos os setores da construção civil, como no assentamento em blocos de alvenarias e também em assentamento de pisos, azulejos e pastilhas durante o revestimento. Ainda, segundo Silva (1991), é um produto que torna a mão de obra muito mais produtiva, visando também a redução de custos, redução de patologias futuras e viabiliza principalmente a sustentabilidade.

Nas figuras abaixo pode-se observar a diferença na alvenaria de vedação construída com a argamassa polimérica em frente à outra alvenaria construída com argamassa convencional (figura 1). A figura 2 demonstra um exemplo de aplicação de argamassa cimentícia, a qual neste assentamento pode ser observado entre cada tijolo a argamassa espessa que pode dispor de um peso consideravelmente grande na obra final e maior gasto de material; na figura 3 há um exemplo de alvenaria assentada com argamassa polimérica, na qual pode ser constatado que não aparece a argamassa entre os tijolos, tornando a construção mais limpa e organizada.

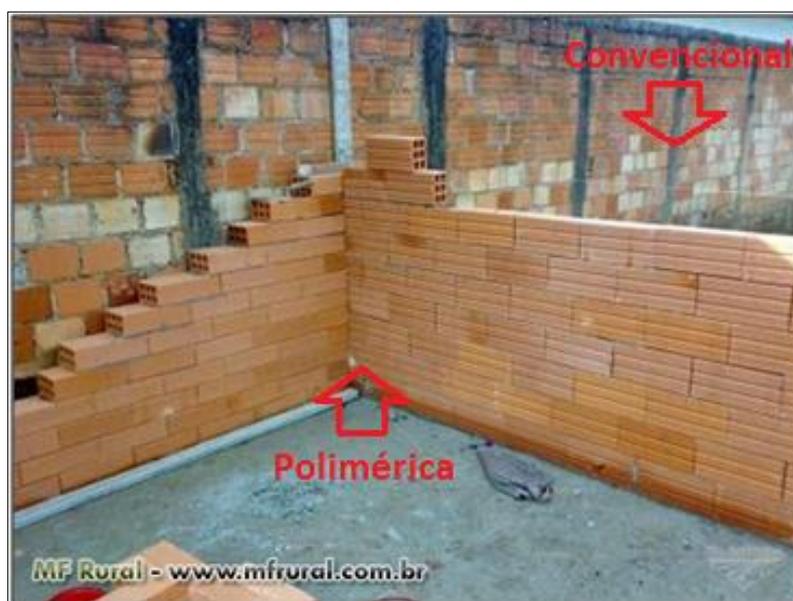


Figura 1 - Alvenaria de vedação construída com argamassa polimérica em frente à outra alvenaria construída com argamassa convencional. Fonte: MF Rural (2013).



Figura 2 - Alvenaria construída com argamassa convencional.

Fonte: Kayro (2013).

Neste trabalho foram feitos ensaios referentes à resistência mecânica à compressão simples e a tração média e ensaios de absorção de água por imersão, tanto de tijolos solo-cimento quanto de cada tipo de argamassa.

Os testes foram feitos para comparar os três tipos de argamassa (polimérica, convencional e industrializada) o melhor resultado frente as normas vigentes para poder eleger o material adequado e satisfatório para a construção.

Materiais e métodos

Materiais

O presente trabalho dispôs de componentes para realização dos testes onde incluem: uma balança Pesadora Prix Toledo 9094 Plus standard com bateria e saída TTL, capacidade de pesagem 30kg; estufa com capacidade de 480 litros e controladores de temperatura em até 300° C; tanque de imersão; prensa da marca EMIC e modelo PCE100C com capacidade 100.000 kgf; tubo PVC com diâmetro de 50 mm; Cimento Nacional CP V-ARI MAX; areia seca em estufa; argamassa industrializada da marca CimentCola Quartzolit; argamassa polimérica da marca Biomassa, na qual dispõe dos requisitos de apresentação e informações condizentes com a NBR 16590-1(2017); blocos de solo-cimento vazados.

Balança Pesadora

A balança (figura 3) pesou os agregados, aglomerantes e também a água, de forma a seguir o traço prescrito na NBR 7215 (2019).



Figura 3 - Balança para pesagem dos insumos. Fonte: Autores.

Estufa

A estufa (figura 4) tem a função de secar a areia e os corpos de prova, para retirar a água do material.



Figura 4 – Estufa. Fonte: Autores.

Tanque de imersão

O tanque utilizado (figura 5) serve para a cura dos corpos de prova.



Figura 5 - Tanque de imersão. Fonte: Autores.

Prensa

A prensa (figura 6) tem a função aplicar cargas nos moldes até o rompimento.



Figura 6 - Prensa EMIC, modelo PCE 100 C. Fonte: Autores.

Tubo PVC

Os tubos (figura 7) foram utilizados para confecção das formas dos corpos de prova.



Figura 7 - Corpos de prova com caps. Fonte: Autores.

Método

Foram moldados corpos de prova submetendo-os a ensaios de resistência à compressão e tração por compressão diametral.

Toda a superfície interna da forma de PVC foi untada com uma camada de óleo desmoldante; procedeu-se o enchimento dos moldes com as argamassas e dividindo-se em 3 camadas, cada camada recebeu 28 golpes de adensamento como pode ser observado na figura 8.



Figura 8 - Adensamento da argamassa com 28 golpes por camada. Fonte: Autores.

Ao final da operação foi exercitada a retificação do topo dos corpos de prova. Inicialmente foram cobertos por plásticos, realizando a cura ao ar livre por 24 horas, após desforma foram colocados em tanques para realizar a cura úmida.

Finalizada a cura úmida, os corpos de prova foram colocados no centro do prato da prensa de ensaio e rompidos com velocidade de carregamento $(0,25 \pm 0,05)$ MPa/s, figura 9.



Figura 9 - Rompimento do corpo de prova. Fonte: Autores.

Para o ensaio de tração por compressão diametral, os cálculos necessários para determinar a resistência, foram feitos de acordo com a NBR 7222 (2011), e no ensaio de resistência à compressão simples, foi utilizado a NBR 5739 (2018).

O cálculo do desvio padrão e do coeficiente de variação foi usado o Anexo B da NBR 5739 (2018), no qual dá o valor em porcentagem.

Através do mesmo procedimento de confecção dos corpos de prova para o ensaio de compressão, foram feitos moldes para determinação da absorção de água, índice de vazios por imersão de acordo com a NBR 9778 (2005); o teste obteve os corpos de provas em estufa a temperaturas de (105 ± 5) °C por um período de 72 horas, passado o período foi retirado e pesado para determinar a massa.

Seguindo o ensaio, foram imersos os corpos de prova em tanques de água a temperatura (23 ± 2) °C e mantido por 72 horas, foram retirados para pesar a massa da amostra saturada, os cálculos necessários foram de acordo a NBR 9778 (2005).

Para o teste com os tijolos de solo-cimento a NBR 10836 (1994) pede para o teste, 10 tijolos inteiros, na qual 7 tijolos foram para ensaios de compressão simples e 3 tijolos para o ensaio de absorção de água.

Os corpos de prova foram serrados ao meio e unidos com as três argamassas de assentamento que estão sendo utilizadas neste projeto. Os tijolos apresentam encaixes na face superior e essas protuberâncias foram regularizadas com pasta de cimento.

Ao término do endurecimento do material os corpos de provas foram identificados e imersos em água por no mínimo 6 horas. Após o tempo de imersão, foram para a prensa a uma carga uniforme e a razão de 500 N/s (50 kgf/s), até o devido rompimento.

Após o ensaio de resistência, com os três blocos restantes, foi feito o ensaio de absorção de água, no qual foram secos em estufa com temperaturas entre, 105°C a 110°C no período de 24 horas; após serem tirados da estufa, foram para a balança a fim de determinar a massa do corpo de prova seco.

Logo após a obtenção das massas, as amostras foram imersas em tanques de água, na qual permaneceram por 24 horas. Passados o tempo determinado, foram enxugados superficialmente com um pano e pesados novamente, obteve-se assim a massa do corpo de prova saturado e calculado a porcentagem de absorção de acordo a NBR 10836 (1994).

Resultados e discussões

Argamassa polimérica

Em relação ao ensaio de resistência à compressão e absorção de água por imersão, os mesmos não se mostraram possíveis de serem executados, uma vez que não há conformidade com as normas NBR 7215 (2019) e NBR 9778 (2009), a respeito da consistência que os corpos de prova deveriam atingir ao final do período de 72 horas.

A NBR 16590 (2017) informa que a resistência máxima à compressão desta argamassa é alcançada em um período de aproximadamente três dias após seu assentamento, um intervalo de tempo relativamente curto comparado às demais argamassas, o que torna o material não condizente com os parâmetros normativos.

Os corpos de prova desta argamassa ficaram em seus respectivos moldes por três dias; após serem abertos apresentaram consistências não rígidas (figura 3), sendo assim foi impossível realizar os testes de compressão, tração e absorção de água.



Figura 10 - Aspecto físicos dos corpos de prova moldados. Fonte: Autores.

O não endurecimento da argamassa polimérica em seus respectivos moldes já eram esperados, pois de acordo com Rocha (2012), os ensaios com a argamassa polimérica não apresentaram consistência endurecidas e impossibilitando a realização dos testes; além do não endurecimento da argamassa, a mesma apresentou reações com os moldes metálicos, causando dificuldade na desforma, pois, a massa aderiu ao metal e corroeu o molde, ocasionando a oxidação (figura 4). Conforme Rocha (2012), este tipo de argamassa provou-se inapropriada na utilização de vergas e contra vergas ou qualquer componente estrutural onde é necessário o uso de aço (armaduras) por conta das dimensões do elemento.



Figura 11 - Corpo de prova de argamassa polimérica com sinais de oxidação. Fonte: Rocha (2012).

*Argamassa Cimentícia**Ensaio de Compressão Simples*

O preparo da argamassa convencional foi executado com o traço de acordo com a NBR 7215 (2019).

Para o teste de compressão simples foram ensaiados 5 corpos de prova com dimensões de 100 mm de altura e 50 mm de diâmetro de acordo a NBR 7215 (2019), a tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios.

Tabela 1 - Ensaio de compressão.

CP	Carga suportada (kN)	Resistência a compressão (MPa)	Tempo de ensaio (s)
1	11,65	5,93	13
2	11,75	5,98	12
3	11,78	5,99	12
4	12,17	6,19	11
5	13,14	6,69	13

Fonte: Autores.

Para o cálculo do desvio padrão, foi utilizada a amplitude máxima entre as cargas em MPa (tabela 2) e o coeficiente ($d_2 = 2,326$) para a quantidade de 5 corpos de prova, em acordo ao anexo B da NBR 5739 (2018).

Tabela 2 - Desvio Padrão.

Nº do CP	Amplitude de valores de resistência (MPa)
1	5,93
5	6,69
Amplitude	$6,69 - 5,93 = 0,76$

Fonte: Autores.

Com a obtenção dos valores da tabela a cima, foi encontrado o desvio padrão do ensaio.

Para o cálculo do coeficiente de variação, NBR 5739 (2018) anexo B, tem-se os resultados dos cálculos na tabela 3.

Tabela 3 - Coeficiente de variação e Avaliação do ensaio.

Nº do CP	CV_e	Avaliação do ensaio
1	1,09%	Excelente
2	1,08%	Excelente
3	1,08%	Excelente
4	1,05%	Excelente
5	0,97%	Excelente

Fonte: Autores.

No ensaio de resistência à compressão simples, obteve-se um valor médio de 6,156 MPa.

Ensaio de Compressão Diametral

Para o teste de compressão diametral ensaiados 5 corpos de prova de acordo a NBR 7215 (2019), os resultados obtidos deste ensaio foram postos na tabela 4.

Tabela 42 - Ensaio de compressão diametral.

CP	Carga suportada (kN)	Resistência a compressão (MPa)	Tempo de ensaio (s)
1	19,67	2,50	0,13
2	20,17	2,57	0,003
3	20,48	2,61	0,2
4	21,14	2,69	1
5	22,41	2,85	0,1

Fonte: Autores.

Com isso foi analisado que, a argamassa convencional apresenta uma resistência melhor quando comprimida, pois a média chegou aos 6,156 MPa. No ensaio de tração a média mostrou-se inferior, com um valor de 2,644 MPa.

Argamassa Industrializada

Ensaio de Compressão Simples

Este ensaio de determinação da resistência à compressão simples seguiu o método de ensaio da NBR 7215 (2019).

Para o ensaio de resistência à compressão axial, os cálculos foram feitos de

acordo com a NBR 5739 (2018). A tabela 5 mostra os valores dos resultados calculados.

Tabela 5 – Valores calculados do ensaio de compressão simples.

Nº do CP	Resistência à compressão (kN)	Resistência à compressão (MPa)	Tempo de ensaio (s)
1	6,42	3,27	14
2	6,84	3,49	15
3	6,50	3,32	15
4	6,21	3,17	14
5	7,61	3,88	14

Fonte: Autores.

Para o cálculo do desvio padrão foi usado o anexo B da NBR 5739 (2018), na tabela 6, tem-se a amplitude entre o maior e menor valor.

Tabela 6 – Amplitude calculada.

Nº do CP	Valores de resistência (MPa)
5	3,88
4	3,17
Amplitude	3,88 - 3,17 = 0,71

Fonte: Autores.

Para a quantidade de 5 corpos de prova, tem-se o coeficiente $d_2 = 2,326$ da NBR 5739 (2018).

Para o cálculo do coeficiente de variação, NBR 5739 (2018) anexo B, foi calculado a variação em porcentagem, mostra na tabela 7 abaixo.

Tabela 7 – Resultados do coeficiente de variação.

Nº do CP	Coeficiente de variação	Avaliação do ensaio
1	$CV_e = \frac{0,061}{3,27} \times 100\% = 1,86\%$	Excelente
2	$CV_e = \frac{0,061}{3,49} \times 100\% = 1,75\%$	Excelente
3	$CV_e = \frac{0,061}{3,32} \times 100\% = 1,84\%$	Excelente

4	$CV_e = \frac{0,061}{3,17} \times 100\% = 1,92\%$	Excelente
5	$CV_e = \frac{0,061}{3,88} \times 100\% = 1,57\%$	Excelente

Fonte: Autores.

Frente à qualidade do ensaio, foi analisado de acordo com a tabela 13, da NBR 5739 (2018), que todos os corpos de provas estão com o coeficiente de variação menor que 3%, ou seja, no Nível 1 (Excelente).

Para os ensaios de compressão simples as duas argamassas tiveram o mesmo padrão de ruptura (figura 5), seguindo o anexo A da NBR 5739 (2018), as rupturas classificam-se como tipo E – cisalhada (figura 6).

Este tipo de ruptura ocorre em planos inclinados em relação à direção da força cortante que o gera, os testes realizados resultaram nestes efeitos e pode ser considerado normal e aceitável.

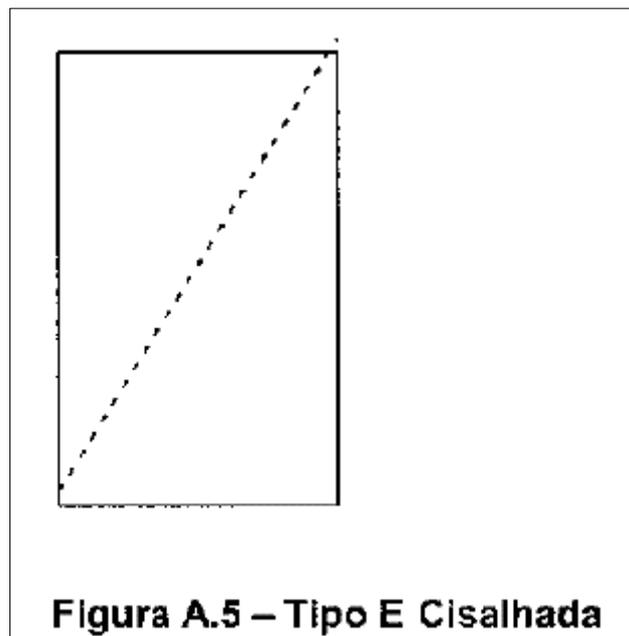


Figura 12 - Ruptura dos corpos de prova. Fonte: anexo A da NBR 5739 (2018).



Figura 13 - Ruptura dos corpos de prova. Fonte: Autores.

Ensaio de Compressão Diametral

Foram confeccionados 5 corpos de prova com o mesmo traço e características dos exemplares do ensaio de compressão simples.

Ao serem colocados na prensa, foram obtidas as cargas suportadas por cada corpo de prova em kN, e com os cálculos prescritos na NBR 7222 (2011), foi determinada a tensão de ruptura conforme tabela 8.

Tabela 8 – Valores calculados do ensaio de compressão diametral.

CP	Resistência à compressão (kN)	Resistência à compressão (MPa)	Tempo de ensaio (s)
1	4,91	0,312	8
2	5,00	0,318	5
3	4,89	0,311	7
4	4,96	0,315	7
5	4,99	0,317	9

Fonte: Autores.

Com os valores finais obtidos, pode-se perceber que as argamassas de assentamento apresentaram uma baixa resistência à tração (0,318 MPa).

Os resultados obtidos foram organizados graficamente, e para os dois gráficos, o eixo X apresenta os corpos de provas ensaiados. O eixo Y apresenta a tensão de ruptura em MPa.

As barras de cor azul do gráfico representam os corpos de prova da argamassa convencional e a barras de cor vermelha simboliza os exemplares da argamassa industrializada.

O gráfico 1 mostra a diferença de resistência à compressão simples entre as argamassas; já no gráfico 2 pode ser analisada a disparidade entre as argamassas no ensaio de compressão diametral, isto se deu neste projeto, pois, para argamassa convencional foi utilizado um cimento de alta resistência.

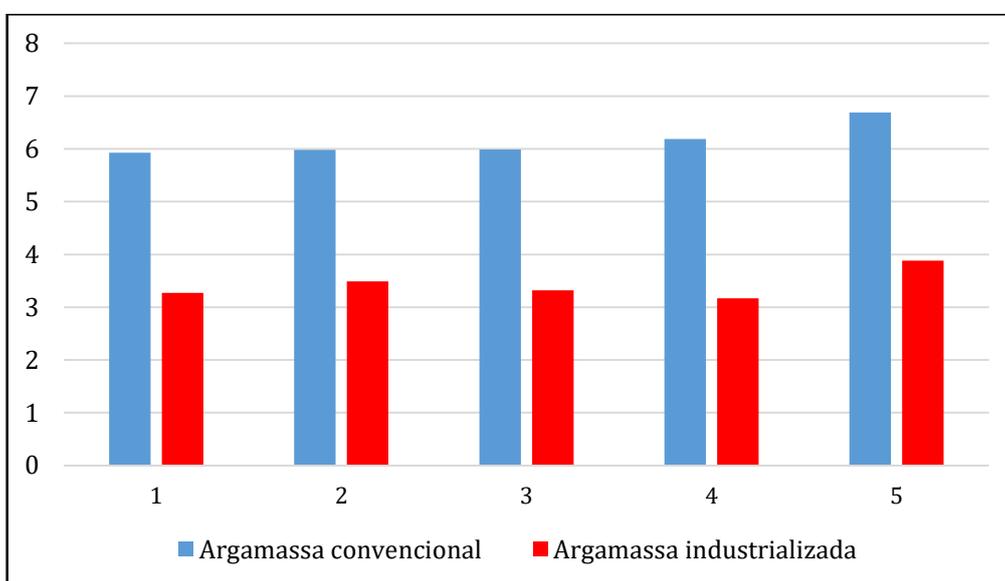


Gráfico 1- Compressão simples entre as argamassas convencional e industrializada. Fonte: Autores.

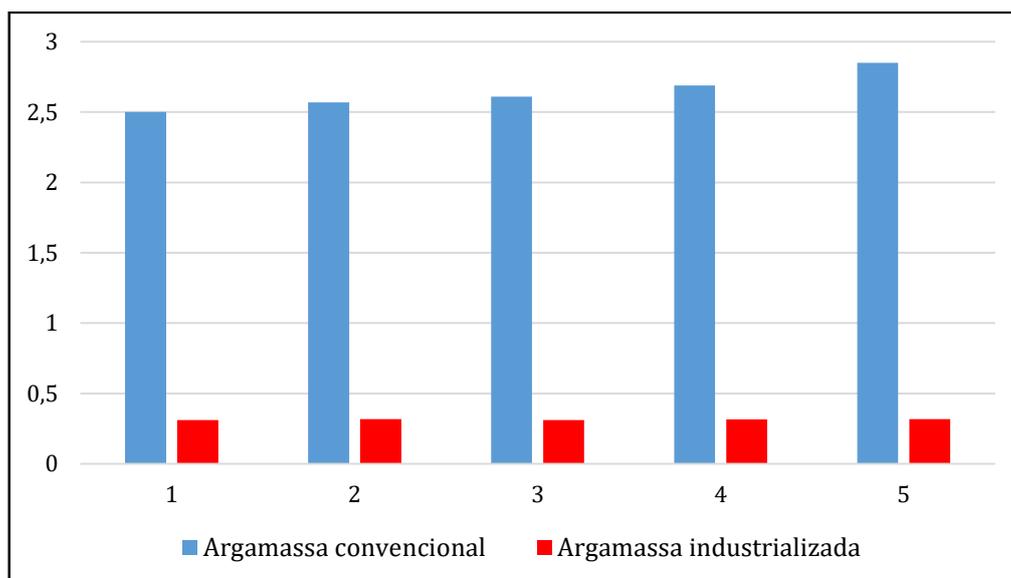


Gráfico 2- Compressão diametral entre as argamassas convencional e industrializada.

Fonte: Autores.

A argamassa convencional mostrou um alto nível de resistência e este comportamento se deu pelo uso do cimento de alta resistência inicial, sendo superior ao cimento que sem encontra na argamassa industrializada.

Diante desta medição pode-se concluir que o uso da argamassa convencional é mais apropriado para construção em que contem alvenaria estrutural, pois a alvenaria como um todo resistirá maior carga com a argamassa convencional.

Ensaio de Absorção d' Água por Imersão

Foram preparados três corpos de prova com as dimensões de 50x100 mm com a argamassa convencional usando o Cimento Nacional CP V-ARI MAX e mais três utilizando com a argamassa industrializada; após o desmolde e esperado o tempo de cura de 28 dias prescrito pela norma, os corpos de provas foram para a estufa e permaneceram por até 72h.

Os seis corpos de prova foram retirados da estufa e quando atingiram a temperatura ambiente foram colocados em tanques de água para que ficassem submergidos por 72 horas, onde se obteve a massa saturada dos corpos de prova. Após as 72 horas, os corpos de prova foram retirados do tanque, enxugados para tirar o excesso de água e logo em seguida pesados para obter a sua massa saturada (M_{sat}). Os valores das amostras da argamassa convencional tiveram uma média de absorção d' água 4,783% enquanto a industrializada teve 15,793%.

O gráfico abaixo, mostra a diferença significativa entre os dois tipos de argamassa em relação ao quanto de água cada uma absorve, esta diferença é devido ao preparo da argamassa industrializada onde usou-se somente água, como descrevia o manual de instruções dos fabricantes.

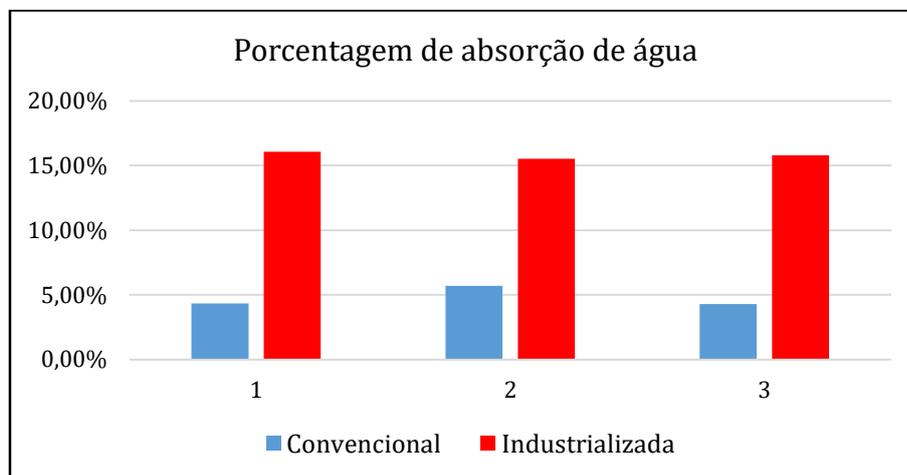


Gráfico 3 - Absorção de água entre as argamassas convencional e industrializada. Fonte: Autores.

Tijolo solo-cimento

Os procedimentos para o ensaio de absorção d'água por imersão com o tijolo solo-cimento se deve aos mesmos do ensaio de absorção com as argamassas. Após os processos de secagem em estufa e em câmara úmida os tijolos tiveram uma média de 18,75% de absorção de água. A NBR 10836 (1994) aponta para os resultados deste tipo de ensaio que os valores médios, iguais ou abaixo de 20%, e valores individuais iguais ou abaixo de 22%; desta forma o material encontra-se dentro das exigências estabelecidas pela normalização vigente.

Nos testes de Presa (2011) foram ensaiados cinco tijolos solo-cimento com idades 28 dias. Após feito os testes e comparado com os resultados de Presa (2011), ele obteve o maior valor de absorção d'água de 17,2% e o menor de 15,2%; e sua média foi de 16,3%; tais valores obtidos foram esperados perante a NBR 10834 (2013). Os ensaios feitos neste trabalho foram comparados com os ensaios de Presa (2011) e com os valores da NBR 10834 (2013), onde eles ficaram com valores individuais e médios bem próximos.

O gráfico 4 mostra os valores individuais das amostras de tijolo solo-cimento, da quantidade de água absorvida após o período de três dias submersos. Essa grande absorção de água é devido aos materiais que o tijolo é composto, em sua grande parte é o solo argiloso onde tem um grande percentual de absorção.

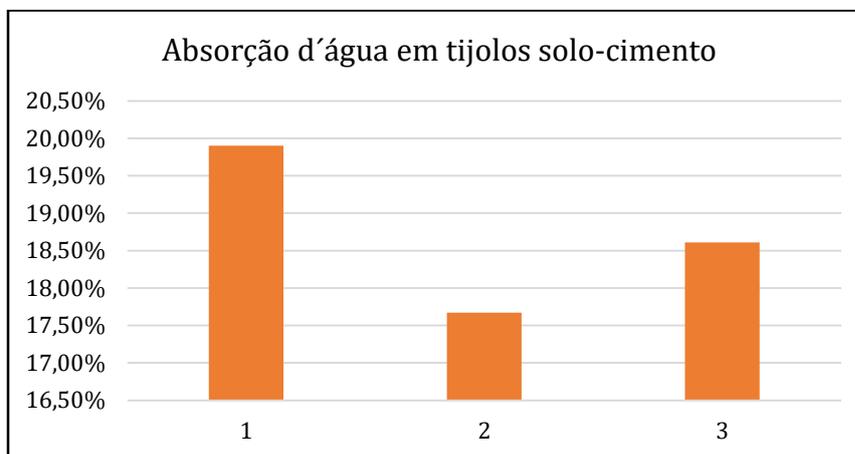


Gráfico 4 - Porcentagem de absorção de água em tijolos solo-cimento.
Fonte: Autores.

Conclusões

Contudo, sobre as argamassas de assentamento, conclui-se que, para os ensaios no estado endurecido da argamassa polimérica, referentes a resistência à compressão e absorção de água, a norma NBR 7215 (2019), na qual prescreve as dimensões dos corpos de prova, não se aplicam a este novo produto, necessitando a revisão ou elaboração de ensaios que enquadrem a modalidade da argamassa de assentamento polimérico.

Sobre a argamassa industrializada e convencional pode-se concluir que, quando for utilizado o Cimento Nacional CP V-ARI MAX, a industrializada apresenta uma resistência inferior, pois ela vem de fábrica com um cimento de baixa resistência.

Nos trabalhos de Ferreira (2016) e Rocha (2012) mostram que quando for utilizado o cimento Portland CP II- Z- 32 na argamassa convencional, ela mostrará uma resistência inferior frente argamassa industrializada.

No ensaio de compressão diametral as argamassas de assentamento, assim como o concreto, apresentam uma resistência inferior para a tração e a argamassa industrializada mostrou uma resistência menor frente à convencional.

Conclui-se que a argamassa industrializada apresentou melhores resultados, pois o tempo de aplicação é menor, fácil manejo e sua mistura vêm na dosagem certa, apresenta também uma melhor resistência ao recebimento de carga.

No quesito de absorção da água a argamassa convencional absorveu muito menos água perante a argamassa industrializada, uma vez que esta última em seu preparo usa-se somente água para deixar uma pasta homogênea e pronta para ser utilizada. Pode-se finalizar que em uma futura construção civil a melhor escolha seria a argamassa convencional feita com o Cimento Nacional CP V-ARI MAX.

No que diz respeito dos ensaios de resistência à compressão dos tijolos solo-cimento juntamente com as argamassas poliméricas, industrializadas e convencional, tiveram resultados satisfatórios, posto que eram previstos tais valores nos estudos anteriores e revisões bibliográficas. O tijolo solo-cimento com a argamassa polimérica e industrializadas não obtiveram os valores médios prescritos na NBR 10834 (2013), já com a argamassa convencional os valores de resistência à compressão médio e individual foram aprovados.

Conclui-se que pela análise de todos os resultados obtidos nos ensaios, o melhor dentre os três materiais é a argamassa convencional, pois ela teve um maior resultado de resistência à compressão junto com o tijolo solo-cimento e sozinha; teve também o menor valor de porcentagem em absorção de água.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 2019.

____ **NBR 7222: Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2011.

____ **NBR 8491: Tijolo de solo cimento - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2012

____ **NBR 8492: Tijolo de solo cimento - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.

____ **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos- Determinação da absorção de água por imersão- Índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro, 2009.

____ **NBR 10834: Bloco de solo-cimento sem função estrutural - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2013.

____ **NBR 10836: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural - Determinação da resistência à compressão e da absorção de água.** Rio de Janeiro, 2013.

____ **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro, 2005.

____ **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimentos - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

____ **NBR 16590: Composto polimérico para assentamento de alvenaria de vedação.** Rio de Janeiro, 2017.

ARAÚJO, Fabiano Andrade. **O primeiro milhão da massa DunDun.** Feicon. Mar, 2015. Disponível em: <<https://www.feicon.com.br/Imprensa/Releases-do-Evento/Feicon/O-primeiro-milhao-da-Massa-DunDun-/>> Acesso em: 15 mar. 2019.

CIMENTO NACIONAL. **Manual técnico do Cimento CP V-ARI MAX.** Brennand Cimentos, 2016.

FERREIRA, Karina. *Estudo comparativo entre argamassas convencionais e industrializadas.* Trabalho de Conclusão de Curso. Campo Mourão, 2016.

MARTINELLI, Fábio Antônio. **Contribuição ao estudo de dosagem das argamassas mistas destinadas as assentamento e revestimento de alvenarias.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

MASSA DUNDUN - **Argamassa Polimérica.** Disponível em: <<http://massadundun.com.br/obras-em-destaque/>> Acesso em: 14 mar. 2019.

MF RURAL – **Argamassa Polimérica**. (2013). Disponível em: <<https://www.mfrural.com.br/detalhe/argamassa-polimerica-construfix-emb.-20-kg-direto-de-fabrica/>> Acesso em: 19 mar. 2019.

NAKAKURA, Elza. H. **Análise e classificação das argamassas industrializadas segundo a NBR 13281 e a MERUC**. 2003,198f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

PRESA, Marcello Bastos. **Resistência à compressão e absorção de água em tijolos de solo-cimento**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília UnB, Brasília, 2011.

ROCHA, Rebeca Silva. **Avaliação e comparação das propriedades mecânicas de uma argamassa pronta não cimentícia para alvenaria com e sem função estrutural frente às argamassas convencionais**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade de Campo Mourão, 2012.

SILVA, Rouverson P.; SILVA, Breno M.; BARROZO, Leandra M.; SALUM, Juliana D.; GOM, Delineide. **Utilização de argamassa polimérica no assentamento de tijolos ou blocos**. Associação Educacional de Bosco. Rio de Janeiro, 2013.

UNGERICHT, Ana Júlia; PIOVESAN, Angela Zamboni. **Influência da cura da argamassa em relação às propriedades mecânicas e absorção de água**. Unoesc & Ciência – ACSA, 2 ed., p: 75-86, 2011.

Análise experimental da viabilidade da adição de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar na produção de concretos estruturais como forma de redução do percentual de agregados miúdos.

Experimental analysis of the viability of the addition of sugarcane sugar ash in the concrete production applied as a way of reducing the aggregate percentage of children.

Amanda Guerra¹
Luah Camargo²
Mariana Oliveira³
André Luis Gamino⁴

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar, ganhando destaque em produção e consumo a região sudeste; todos os anos, milhares de toneladas são processadas nas moendas. Para cada moagem são produzidas quantidades relativas de bagaço e conseqüentemente uma proporção elevada de cinzas. Em busca da necessidade de mercado por novos meios de produção, o setor da construção civil ganhou destaque ao reaproveitamento de materiais; além de movimentar a economia, é importante para sustentabilidade do meio ambiente. As cinzas do bagaço da cana-de-açúcar apresentam, de acordo com pesquisas bibliográficas, predominantemente, dióxido de silício (SiO_2), característica muito próxima do agregado miúdo – areia – proporcionando potencial de matéria-prima alternativa na produção de concretos, substituindo frações do agregado miúdo. Neste trabalho foi realizada a moldagem e cura de 66 corpos de prova de concreto, de acordo com a NBR 5738 (2015), modificados com redução de agregado miúdo em 30% e 50%; tal redução foi realizada com adição de cinzas do bagaço da cana-de-açúcar. Foram utilizadas formas cilíndricas com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm, cimento CP II F – 32 e brita 1 (19 mm). O traço de concreto empregado apresentou proporção: 1: 1,28: 2,37: 0,43, obtido por meio do método INT de dosagem. Para minimizar os efeitos controversos, os corpos de prova passaram por cura adequada, sendo armazenados em tanque d'água saturado com cal e sem contato com outros meios. Das 66 amostras produzidas, 20 foram submetidas ao emprego da cinza do bagaço da cana em 30% de substituição ao agregado miúdo e 20 com emprego de 50%, onde a cura inicial foi realizada em 24 horas e a cura específica em 7, 14 e 28 dias. O concreto produzido passou por testes de abatimento a fim de verificar a trabalhabilidade do material em seu estado fresco. Com intuito de estudar a resistência mecânica do concreto, foram realizados

¹ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

² Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

³ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

⁴ Professor Doutor do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

ensaios de compressão axial (NBR 5739, 2018) e compressão diametral (NBR 7222, 2011) para determinar a resistência à tração. Ao realizar as etapas, os dados obtidos foram tabelados e analisados de acordo com o percentual de cinza utilizado. A resistência mecânica final do concreto foi comparada à resistência do concreto estrutural com adição de agregado miúdo em 100%, assim sendo possível verificar uma mudança na resistência dos corpos de prova. As amostras que continham porcentagens de cinzas apresentaram uma perda de resistência em relação ao concreto com quantidades totais de agregado miúdo. Em resposta a perda de resistência do material, foi possível concluir que a cinza do bagaço da cana-de-açúcar apresenta partículas de material extremamente fino, e como consequência desta característica a massa de concreto exigiu uma quantidade de água superior à dos concretos convencionais. Com a alta porcentagem de água que foi empregada a resistência começou a entrar em declínio ($a/c > 0,50$), contudo, um novo estudo de caso poderá ser realizado para combater esta perda, assim sendo empregado o uso de aditivos.

Palavras-Chave: cinza do bagaço da cana-de-açúcar, resistência mecânica, agregado miúdo, concreto estrutural, resíduos agroindustriais.

ABSTRACT

Brazil is one of the biggest sugar cane producers, gaining prominence in production and consuming is the southeast region; every year, millions of tons are processed in the mills. For each milling relative quantities of bagasse are produced and consequently a high proportion of ashes. In search of the market's necessity of new means of production, the section of civil engineering gained prominence in reusing materials; besides moving the economy, it's important for the environment sustainability. The ashes of sugar cane bagasse present, accordingly to bibliographic researches, predominantly, silicon dioxide (SiO_2), characteristic that is very close to its fine aggregate – sand – providing potential alternative raw material to producing concrete, replacing fractions of the aggregate. In this work was made the molding and curing of 66 specimens of concrete, according to NBR 5738 (2015), modified with reduction of the fine aggregate in 30% and 50%; such reduction was made with addition of ashes from sugar cane bagasse. It was used cylindrical cut-outs with 10 cm of diameter and 20 cm of height, CP II F – 32 cement and gravel 1 (19 mm). The concrete trace employed presented a proportion: 1: 1.28: 2.37: 0.43, obtained by the INT method of dosing. To minimize the controversial effects, the specimens were adequately cured and stored in a lime-saturated water tank without contact with other means. From 66 samples produced, 20 were submitted to the using of ashes of sugar cane bagasse in 30% of replacement to the fine aggregate and 20 with using of 50%, in which the initial cure was made in 24 hours and the specific cure in 7, 14 and 28 days. The concrete produced has gone through abatement tests in order to verify the workability of the material in its fresh state. With intent of studying the mechanic resistance of concrete, it was performed axial compression tests (NBR 5739, 2018) and diametrical understanding (NBR 7222, 2011) to determinate tensile strength. When performing the steps, the data obtained were tabulated and analysed accordingly to the percentage of ash used. The final mechanical resistance of the concrete was compared to the resistance of structural concrete with addition of the fine aggregate in 100%, making it possible to verify the change in the resistance of the specimens. The samples that contained percentage of ashes presented loss of resistance in comparison to concrete with total quantities of the fine aggregate. In answer to the loss of resistance of the material, it was possible to

elucidate that the ashes of sugar cane bagasse present particles of extremely fine material, and as consequences of its characteristic the concrete mass demanded a quantity of water superior to conventional concretes. With the high percentage of water that was used the resistance started to go into decline ($a/c > 0,50$), however, a new study of the case can be accomplished to fight this loss, therefore being made the use of additives.

Keywords: ashes of sugar cane bagasse; mechanical resistance; fine aggregate; structural concrete; agro-industrial waste.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de grandes dimensões territoriais, com solo fértil e clima matizado entre as regiões; é considerado um dos maiores produtores agroindustriais. Parte da extensão territorial é ocupada pela produção de cana-de-açúcar, destinada para fabricação de combustível, monossacarídeos e energia (UNICA, 2011).

Para cada tonelada de cana processada na usina, são gerados aproximadamente 250 quilogramas do bagaço. Em uma safra prevista em 570 milhões de toneladas, cerca de 140 milhões de toneladas de bagaço estariam abarrotando os pátios das usinas (RABELLO; YONEVA, 2008).

A quantidade produzida do resíduo depende do teor de fibra da cana processada, em média, atingem valores de 46% de fibra e 50% de umidade. Como principais componentes encontram-se a celulose e hemicelulose, representando 70% do peso seco dos resíduos e a lignina, responsável pelo poder calórico (FAPESP, 1998).

O setor da construção civil no Brasil e as indústrias de materiais buscam por recursos que promovam uma qualidade dos produtos, com campo de aplicação, retorno financeiro, inovação, mão de obra acessível e destaque entre a esfera construtiva.

Com a indústria do cimento crescendo no mercado, o concreto ganhou forte atenção entre os pesquisadores: a necessidade de vincular novas técnicas é uma alternativa para discorrer sobre o aproveitamento de materiais, tanto em relação à área de construção como em demais campos.

Estudos recém-realizados mostram a necessidade da busca por substituição dos “agregados naturais” do concreto. Com a produção no Brasil, a cinza do bagaço da cana-de-açúcar ganhou destaque nas pesquisas: o que antes era considerado material sem valor comercial, hoje é material de aproveitamento (UNICA, 2011).

A queima do bagaço resulta uma cinza com composição química predominantemente de dióxido de silício (SiO_2) e uma porção cristalina, muito parecida com a areia. Quando substituída em proporções específicas entre 30% e 50%, podem levar a uma manutenção das propriedades mecânicas, preenchimento dos microporos e aumento da durabilidade de concretos (MARIN, 2017).

A incorporação do novo agregado permite diminuir impactos no meio ambiente, através da extração da areia que leva a degradação e assoreamento dos cursos d'água, juntamente com a retirada da vegetação e a formação de depósitos de cinzas no solo. A cada tonelada de bagaço são estimadas cerca 25 quilogramas de cinzas após a incineração (PAES, 2010).

O concreto com adição de cinzas quando comparado aos concretos convencionais (concretos de referência, sem adição de cinzas) consegue ser ligeiramente mais barato, por meio da relação custo/resistência (BESSA, 2011). Para analisar a resistência mecânica do concreto é preciso atentar-se que as ações de tração e compressão não evoluem de forma proporcional ao longo do tempo.

A nova proposta para formação de concretos estruturais permite um estudo sobre redução de custos e materiais, principalmente em grandes obras, onde muitas são as peças concretadas que dão sustentação a estrutura.

O estudo da Areia de Cinza do Bagaço da Cana (ACBC) é de fundamental importância dentro da construção civil; através dos métodos de ensaios empregados é possível comprovar ou não a viabilidade do uso de resíduos agroindustriais como forma de substituição de agregados miúdos, assim como, comparar a resistência mecânica entre os concretos modificados e os convencionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com os objetivos do trabalho e com base na fundamentação teoria exposta, a metodologia aplicada na pesquisa experimental aponta os principais métodos e elementos utilizados para realização dos ensaios, que carregam os resultados da ideia proposta.

Os corpos de prova moldados neste trabalho apresentam configuração cilíndrica e seguem os parâmetros determinados pela NBR 5738 (2015).

Ensaio de Absorção

A NBR 9778 (2005) tem por objetivo prescrever os parâmetros básicos para execução do ensaio de absorção, através da imersão, índice de vazios e massa específica de concretos e argamassas no estado endurecido.

O ensaio é realizado em uma balança com três amostras de concreto, isentas de óleo e outros materiais aderidos na hora da montagem. O tanque é preenchido com água até a superfície para a completa imersão dos corpos de prova e a balança apresenta uma sensibilidade de aproximadamente 0,025%.

Após a realização do ensaio no período de 72 horas e coleta das massas foi empregado os equacionamentos previstos em norma para determinar a porcentagem de absorção e o índice de vazios dos corpos de prova.

1) Absorção de água por imersão:

$$A = \frac{M_{\text{sat}} - M_{\text{seca}}}{M_{\text{seca}}} \times 100;$$

M_{sat} = massa do corpo saturado;

M_{seca} = massa do corpo seco em estufa.

2) Índice de Vazios:

$$I = \frac{M_{\text{sat}} - M_{\text{seca}}}{M_{\text{sat}} - M_i} \times 100;$$

M_i = massa do corpo saturado, submerso em água;

M_{sat} = massa do corpo saturado;

M_{seca} = massa do corpo seco em estufa.

Ensaio de Resistência à Compressão

A NBR 5739 (2018) prescreve os métodos para ensaiar corpos de prova de concreto à compressão e os aparelhos necessários para realizar a técnica.

Para os ensaios foram utilizados os corpos de prova moldados de acordo com a NBR 5738 (2015) e mantidos em cura saturada durante o período de 7, 14 e 28 dias.

A carga aplicada sobre o molde pela máquina de compressão foi realizada continuamente e sem choques com pequenas variações de velocidade, sempre acrescentando o carregamento até o momento de ruptura do corpo de prova.

Após os resultados obtidos em ensaio, alguns parâmetros do concreto são determinados em função do carregamento aplicado sobre o corpo de prova.

1) Resistência à Compressão:

$$f_c = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot D^2};$$

f_c = resistência á compressão – Mpa;

F = força máxima de rompimento alcançada – Mpa;

D = diâmetro do corpo de prova – mm.

2) Média dos Valores de Resistência dos Exemplares Rompidos:

$$f_{cm} = \frac{\sum f_i}{n};$$

f_{cm} = valor de resistência média do lote de concreto – MPa;

f_i = valor de resistência dos exemplares rompidos – MPa;

n = número de elementos rompidos.

3) Desvio Padrão das Amostras:

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum (f_i - f_{cm})^2}{n - 1}};$$

S_c = desvio padrão da dosagem – Mpa;

f_i = valor de resistência dos exemplares rompidos – Mpa;

f_{cm} = valor de resistência média do lote de concreto – Mpa;

n = número de elementos rompidos.

4) Variação das Resistências à Compressão:

$$S_e = \frac{A_i}{d_2 \cdot n_i};$$

S_e = Variação das Resistências à Compressão;

A_i = amplitude de valores de resistência – Mpa;

d_2 = coeficiente relacionado ao número de CP's;

n_i = número de exemplares da amostra;

5) Coefficiente de Variação das Amostras:

$$CV_e = \frac{S_e}{f_{cm}} \times 100;$$

CV_e = coeficiente de variação das amostras – (%);

S_e = Variação das Resistências à Compressão;

f_{cm} = valor de resistência média do lote de concreto – MPa.

De acordo com a NBR 5739 (2018) a ruptura foi classificada a partir dos diversos tipos apresentados pela norma, conforme como: cônica; cônica e bipartida; cônica e cisalhada; cisalhada e colunar.

Ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral

A NBR 7222 (2011) prescreve os métodos para determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos de argamassa e concreto.

Para realizar o ensaio de tração foram utilizados os mesmos equipamentos empregados no ensaio de resistência à compressão, sendo os corpos de prova moldados e curados durante no período de 28 dias.

O ensaio de tração por compressão diametral foi realizado para o concreto de referência e com 50% de emprego de cinza e os valores adquiridos foram empregados na fórmula abaixo, determinada pela NBR 7222 (2015).

1) Resistência à Tração:

$$f_{ct,sp} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot L};$$

$f_{ct,sp}$ = resistência à tração por compressão diametral;

F = carga máxima obtida no ensaio (kn);

D = diâmetro do corpo de prova (mm);

L = altura do corpo de prova (mm).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A porcentagem de absorção de água dos corpos de prova e o índice de vazios foram calculados de acordo com os equacionamentos apresentados pela NBR 9778 (2005) e realizados para o concreto de referência e com adição de cinza.

♦ CONCRETO DE REFERÊNCIA:

1) Absorção de água por imersão:

$$A_1 = \frac{M_{sat} - M_{seca}}{M_{seca}} \times 100 = \frac{3,830 - 3,585}{3,585} \times 100 = \mathbf{6,83\%}$$

2) Índice de vazios:

$$I_1 = \frac{M_{sat} - M_{seca}}{M_{sat} - M_i} \times 100 = \frac{3,830 - 3,585}{3,830 - 3,810} \times 100 = \mathbf{12,25\%}$$

♦ CONCRETO COM CINZA 30%:

1) Absorção de água por imersão:

$$A_1 = \frac{M_{sat} - M_{seca}}{M_{seca}} \times 100 = \frac{3,620 - 3,415}{3,415} \times 100 = \mathbf{6,00\%}$$

2) Índice de vazios:

$$I_1 = \frac{M_{sat} - M_{seca}}{M_{sat} - M_i} \times 100 = \frac{3,620 - 3,415}{3,620 - 3,600} \times 100 = \mathbf{10,25\%}$$

◆ CONCRETO COM CINZA 50%:

1) Absorção de água por imersão:

$$A_1 = \frac{M_{\text{sat}} - M_{\text{seca}}}{M_{\text{seca}}} \times 100 = \frac{3,305 - 2,970}{2,970} \times 100 = \mathbf{11,28 \%}$$

2) Índice de vazios:

$$I_1 = \frac{M_{\text{sat}} - M_{\text{seca}}}{M_{\text{sat}} - M_i} \times 100 = \frac{3,305 - 2,970}{3,305 - 3,290} \times 100 = \mathbf{22,33 \%}$$

Os concretos com adição de cinza apresentaram porcentagens de absorção maiores que o concreto de referência; quanto maior a quantidade de cinza adicionada, maior foi o volume de água absorvido.

O índice de vazios das amostras também foi gradativamente maior ao longo do acréscimo de material. Ao utilizar um fator de 50% de cinza na produção dos corpos de prova, o concreto foi classificado como uma substância deficiente, que não apresentará um bom desempenho quando aplicados nas construções, principalmente em áreas molhadas e de exposição a intempéries devido ao seu alto teor de absorção (Tabela 01).

Tabela 01 – Classificação dos concretos segundo teor de absorção.

Concreto	Amostras	Absorção	Classificação
Referência	1	6,83 %	Deficiente
	2	5,16 %	Convencional
Cinza 30%	1	6,00 %	Convencional
Cinza 50%	1	11,28 %	Deficiente
	2	10,63 %	Deficiente

Para análise dos corpos de prova, foram realizados ensaios de compressão axial durante os períodos de 7, 14 e 28, dias para os traços de concreto. A força aplicada em função do tempo foi utilizada para determinar se o concreto atingiu a resistência à compressão estimada. Os resultados são apresentados a seguir.

Concreto de Referência - 7 dias

Por meio das forças adquiridas no ensaio de compressão foi calculada a resistência à compressão de cada corpo de prova e a resistência média das amostras a partir dos equacionamentos previstos em norma (Tabela 02).

Tabela 02 – Ensaio de Compressão Axial – Concreto Referência 7 dias.

Amostras	Força (kN)	Resistência à Compressão (MPa)
1	155,91	19,85
2	130,46	16,61
3	72,20	9,19
4	163,92	20,87
5	123,59	15,73
6	163,41	20,81

Média dos Valores de Resistência dos Exemplos Rompidos:

$$f_{cm} = \frac{\sum f_i}{n} = \frac{(19,85 + 20,87 + 15,73 + 20,81)}{4} = \mathbf{19,31 \text{ MPa}}$$

Concreto de Referência - 14 dias

A tabela 03 mostra a força obtida em laboratório que os corpos de provas atingiram antes da ruptura e a resistência à compressão.

Tabela 03 – Ensaio de Compressão Axial – Concreto Referência 14 dias.

Amostras	Força (kN)	Resistência à Compressão (MPa)
1	138,71	17,66
2	113,18	14,41
3	226,26	28,81
4	210,45	26,79
5	208,34	26,53
6	212,64	27,07

Média dos Valores de Resistência dos Exemplos Rompidos:

$$f_{cm} = \frac{\sum f_i}{n} = \frac{(28,81 + 26,79 + 26,53 + 27,07)}{4} = \mathbf{27,30 \text{ MPa}}$$

Concreto de Referência - 28 dias

A tabela 04 mostra a força obtida em laboratório que os corpos de provas atingiram antes da ruptura e a resistência à compressão.

Tabela 04 – Ensaio de Compressão Axial – Concreto Referência 28 dias.

Amostras	Força (kN)	Resistência à Compressão (MPa)
1	102,05	12,99
2	193,79	24,67
3	152,02	19,35
4	222,27	28,30
5	225,50	28,71
6	173,47	22,09

Média dos Valores de Resistência dos Exemplares Rompidos:

$$f_{cm} = \frac{\sum f_i}{n} = \frac{(12,99 + 24,67 + 19,35 + 28,30 + 22,09)}{5} = \mathbf{21,48 \text{ MPa}}$$

Desvio Padrão das Amostras:

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum (f_i - f_{cm})^2}{n - 1}} = \frac{(72,08 + 10,18 + 4,54 + 46,51 + 0,37)}{5 - 1} = \mathbf{5,78 \text{ MPa}}$$

$$f_{ck,est.} = f_{cm} - 1,65 \cdot S_c = 21,48 - 1,65 \cdot 5,78 = \mathbf{11,94 \text{ MPa}}$$

Concreto com Cinza 30% - 7 dias

Por meio das forças adquiridas no ensaio de compressão foi calculada a resistência à compressão de cada corpo de prova e a resistência média das amostras a partir dos equacionamentos previstos em norma (Tabela 05).

Tabela 05 – Ensaio de Compressão Axial – Concreto Cinza 30% 7 dias.

Amostras	Força (kN)	Resistência à Compressão (MPa)
1	81,59	10,39
2	126,06	16,05
3	101,24	12,89
4	65,66	8,36
5	95,02	12,10
6	124,57	15,80

Média dos Valores de Resistência dos Exemplares Rompidos:

$$f_{cm} = \frac{\sum f_i}{n} = \frac{(10,39 + 16,05 + 12,89 + 12,10 + 15,80)}{5} = \mathbf{13,45 \text{ MPa}}$$

Concreto com Cinza 30% - 14 dias

A tabela 06 mostra a força obtida em laboratório que os corpos de provas atingiram antes da ruptura e a resistência à compressão.

Tabela 05 – Ensaio de Compressão Axial – Concreto Cinza 30% 14 dias.

Amostras	Força (kN)	Resistência à Compressão (MPa)
1	142,24	18,11
2	122,03	15,54
3	125,32	15,96
4	110,14	14,02
5	120,81	15,38
6	147,05	18,72

Média dos Valores de Resistência dos Exemplares Rompidos:

$$f_{cm} = \frac{\sum f_i}{n} = \frac{(15,54 + 15,96 + 14,02 + 15,38 + 18,72)}{5} = \mathbf{15,92 \text{ MPa}}$$

Concreto com Cinza 30% - 28 dias

A tabela 06 mostra a força obtida em laboratório que os corpos de provas atingiram antes da ruptura e a resistência à compressão.

Tabela 05 – Ensaio de Compressão Axial – Concreto Cinza 30% 28 dias.

Amostras	Força (kN)	Resistência à Compressão (MPa)
1	153,76	19,58
2	102,66	13,07
3	174,58	22,23
4	113,37	14,43
5	135,17	17,21
6	190,48	24,25

Média dos Valores de Resistência dos Exemplares Rompidos:

$$f_{cm} = \frac{\sum f_i}{n} = \frac{(19,58 + 13,07 + 22,23 + 14,43 + 17,21 + 24,25)}{6} = \mathbf{18,46 \text{ MPa}}$$

Desvio Padrão das Amostras:

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum (f_i - f_{cm})^2}{n - 1}} = \frac{(1,25 + 29,05 + 14,21 + 16,24 + 1,56 + 33,52)}{6 - 1} = \mathbf{4,38 \text{ MPa}}$$

$$f_{ck,est.} = f_{cm} - 1,65 \cdot S_c = 18,46 - 1,65 \cdot 4,38 = \mathbf{11,23 \text{ MPa}}$$

Nenhuma das amostras atingiram a resistência estimada de 30 MPa, e os traços de concreto com adição de cinza demonstraram resistências inferiores ao concreto de referência.

A queda de resistência foi proporcionada principalmente pelo aumento do fator água/cimento e pela qualidade dos materiais envolvidos, sendo a brita desuniforme, a areia grossa e a qualidade e composição característica da cinza do bagaço da cana.

Com o aumento da relação água/cimento perde-se resistência e a vida útil da estrutura do concreto, pois ocorre o aumento da porosidade da pasta endurecida.

A figura 01 representa um comparativo entre as resistências à compressão de alguns autores e do trabalho realizado.

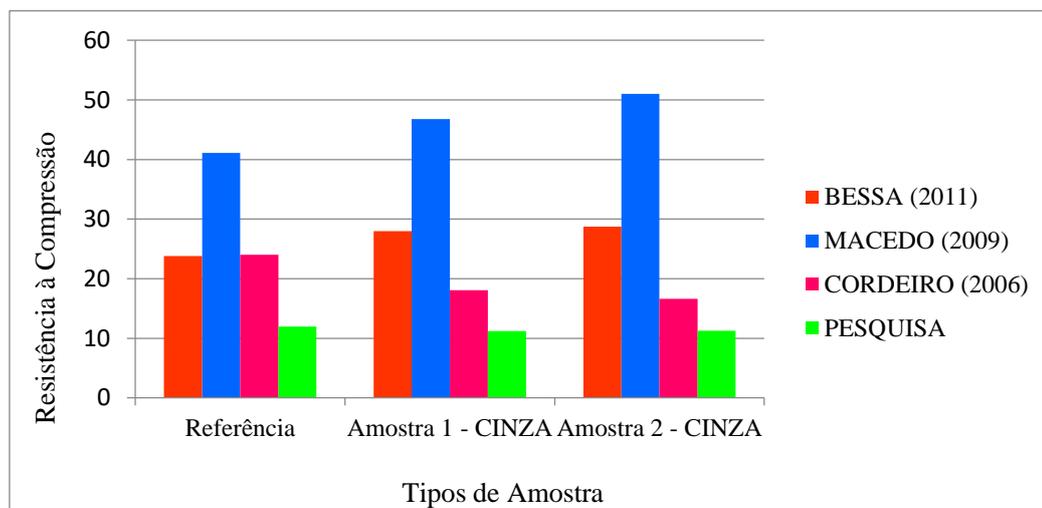


Figura 01 – Comparativo da resistência à compressão de autores e do trabalho realizado.

O concreto de referência e com adição de cinza foi classificado com rupturas do tipo “F” e “G”, que de acordo com a norma devem ser desconsiderados para uso, a menos que, seu resultado seja posto em conceitos comparativos com outros concretos para estudo de qualidade (Figura 02 e 03).



Figura 02– Ruptura do tipo “G”.



Figura 03– Ruptura do tipo “F”.

Resistência à Tração por Compressão Diametral

A resistência à tração por compressão diametral foi desenvolvida para o concreto de referência e com cinza em 50% no período de 28 dias. Os resultados são apresentados na tabela 06.

Tabela 06 – Ensaio de Compressão Diametral –28 dias

Amostras	Resistência Concreto Referência (MPa)	Resistência Concreto50% Cinza (MPa)
1	3,20	3,05
2	3,40	3,15
3	3,11	2,42
4	3,63	2,67
5	3,41	3,39
6	3,29	2,86

Para o concreto de Referência:

$$f_{ct,sp} = \frac{3,29 + 3,41 + 3,63 + 3,11 + 3,40 + 3,20}{6} = 3,34 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,m} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0,3 \cdot 11,94^{2/3} = 1,57 \text{ MPa}$$

Para o concreto 50% de Cinza:

$$f_{ct,sp} = \frac{2,86 + 3,39 + 2,67 + 2,42 + 3,15 + 3,05}{6} = 2,92 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,m} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0,3 \cdot 11,27^{2/3} = \mathbf{1,51 \text{ MPa}}$$

A resistência à tração do concreto quando utilizado a cinza do bagaço da cana-de-açúcar foi menor em algumas amostras do que o concreto de referência, porém os valores de resistência média ficaram muito próximos, um fator que pode ocasionar esta diferença é o tipo e a qualidade do material utilizado na substituição do agregado miúdo.

Para todos os corpos de prova rompidos ao ser aplicado a carga diametralmente a fissura ocorreu ortogonal ao seu diâmetro, abrindo a peça ao meio (Figura 04). Os concretos com adição de cinza do bagaço da cana-de-açúcar quando aplicadas as cargas romperam-se mais rápido e com menos velocidade de carregamento que o concreto de referência.



Figura 04 – Compressão diametral: sentido da fissura

Conclusões

Por meio dos resultados e discussões realizadas foi possível estabelecer conclusões a respeito da viabilidade do uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar em substituição do agregado miúdo para a produção de concretos.

Segundo parâmetros físicos analisados na metodologia deste trabalho, a cinza do bagaço da cana apresentou propriedades que assemelham a areia, como a exemplo, o tamanho de seus grãos reduzidos.

Com o baixo módulo de finura os concretos produzidos com a adição de cinza apresentaram uma porcentagem de absorção de água superior ao concreto convencional, cerca de 50% a mais que as amostras de referência.

O alto teor de água na pasta de concreto acarretou interferências nas propriedades mecânicas do material, principalmente em seu estado endurecido.

Os concretos produzidos com 30% e 50% de cinza não apresentaram os melhores resultados em relação aos ensaios realizados e comparados ao concreto de referência. Durante os períodos de cura foi possível concluir que houve uma redução da resistência média dos corpos de prova, bem como a resistência estimada aos 28 dias.

A resistência à tração também sofreu uma redução durante o período de cura, conforme apresentado; ao analisar a resistência média dos corpos de prova conclui-se que a pesar do concreto com adição de cinza não ter superado os valores de referência, a diferença entre as duas amostras foi considerada de baixa proporção, ou seja, os valores encontraram-se bem próximos, sendo 1,51 MPa concreto com cinza e 1,57 MPa para concreto de referência.

O uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar não aumentou significativamente o valor final do concreto e o ganho em relação à melhoria do desempenho mecânico foi menor.

O emprego de materiais agroindustriais no setor da construção civil permite a redução do impacto ambiental causada pela sua destinação inadequada e a descoberta de elementos alternativos que podem ser empregados em construções sustentáveis.

Porém, o concreto com adição de cinzas não é viável para ser utilizado em construções, porque suas propriedades são afetadas com o emprego da cinza, de forma principal a resistência à compressão, tração e absorção de água pelo material.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015. 9 p. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%205738%20-%202015_aula.pdf>. Acesso em: 04 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018. 4 p. Disponível em: <<http://files.israel-tecnico-qualidade.webnode.com/200001169-522fc532a8/NBR%205739%20%20Concreto%20%20Ensaio%20de%20Compress%C3%A3o%20de%20Corpos-de-pro.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Argamassa e concreto – determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011. 3 p. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/concreto-e-argamassa-e28093-determinac3a7c3a3oda-resistc3aancia-c3a0-trac3a7c3a3o-por-compressc3a3o-diametral-de-corpos-de-prova-cilc3adndricos.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecido: determinação da absorção de água por imersão – índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005. 3 p. Disponível em: <<http://files.mvalin.com.br/2000001297f3cb803a7/NBR%2009778%20%20Argamassa%20e%20concreto%20endurecidos%20%20Determinacao%20.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2019.

BESSA, Sofia A. L. **Utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como agregado miúdo em concretos para artefatos de infraestrutura urbana**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4184/4074.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

PAES, Matheus H. Emprego das cinzas do bagaço da cana na construção civil. **Portal Biossistemas Brasil**, Pirassununga, jun. 2010. Disponível em: <<http://www.usp.br/portalbiossistemas>>. Acesso em: 23 fev. 2019.

RABELLO, Tânia; YONEYA, Fernanda. Bagaço de cana, 'resíduo' cada vez mais lucrativo. **Estadão**, São Paulo, set. 2008. Disponível em: <<https://www.estadao.com.br/noticias/geral,bagaco-de-cana-residuo-cada-vez-mais-lucrativo>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

UNICA. **Bagaço de cana pode ganhar valor substituindo areia na construção civil**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticia/33630022920327850689/bagaco-de-cana-pode-ganhar-valor-substituindo-areia-na-construcao-civil>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

UNICA. **Novos horizontes comerciais para o bagaço de cana-de-açúcar**. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/industria/tecnologia/horizontes-comerciais-bagaco-cana-de-acucar-160217>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

MACEDO, Pamela C. **Avaliação do desempenho de argamassas com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91450/macedo_pc_me_ilha.pdf?sequence=1>. Acesso em: 01 abr. 2019.

CORDEIRO, Guilherme C. **Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço da cana-de-açúcar e da casca do arroz como aditivos minerais em concreto**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <www.coc.ufrj.br/es/documents2/doutorado/2006-2/848...cordeiro-doutorado/file>. Acesso em: 01 abr. 2019.

A atuação das subestações no Sistema Elétrico de Potência

The performance of substations in the Electric Power System

Luís Filipe Gonçalves de Campos¹
Giuliano Pierre Estevam²

RESUMO

O sistema elétrico de potência é o responsável em fazer a energia elétrica chegar ao consumidor, sendo esse sistema formado por geração, transmissão e distribuição, além de contar com as subestações durante algumas partes do processo, partes essas que necessitam de algum tipo de modificação nas características da energia. As subestações são parte importante no sistema, pois visa adequar a energia de acordo com cada etapa do processo, seja na elevação da tensão para que seja realizada a transmissão ou na diminuição da tensão para ficar dentro dos padrões de distribuição. Também são muito importantes na indústria e em grandes empresas, sendo que, em alguns casos, esses setores instalam subestações em seu próprio negócio visando uma maior qualidade da energia utilizada, maior segurança e maior confiabilidade, pois com um sistema próprio não ficam reféns de possíveis variações indesejadas oriundas do sistema de distribuição.

Palavras-chave: Sistema elétrico de potência, energia elétrica, subestação.

ABSTRACT

The electric power system is responsible for making the electric energy reach the consumer, being this system formed by generation, transmission and distribution, besides counting on substations during some parts of the process, These parts require some kind of modification in the characteristics of the energy. Substations are an important part of the system, since they aim to adapt the energy according to each stage of the process, either in the voltage elevation to be carried out or in the voltage decrease to stay within the distribution patterns. They are also very important in industry and large companies, and in some cases these sectors install substations in their own business aiming at a higher quality of the energy used, greater security and greater reliability, because with their own system they are not held hostage to possible unwanted variations arising from the distribution system.

Keywords: Electrical power system, electrical power, substation.

Introdução

O presente estudo terá como principal objetivo analisar as subestações elétricas e sua importância para o Sistema Elétrico de Potência. Inicialmente será analisado o Sistema Elétrico de Potência, dando ênfase no conceito deste, o qual basicamente consiste em um sistema que é responsável por interligar quem produz energia, de qualquer forma, até os consumidores finais. Importante também apresentar o objetivo de um Sistema Elétrico de Potência – SEP, o qual sinteticamente é gerar uma quantidade suficiente de energia elétrica para conduzi-la e difundi-la aos consumidores finais adequadamente e possuindo baixo custo.

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica do UniSalesiano – Araçatuba/SP

² Professor do curso de Engenharia Elétrica do UniSalesiano – Araçatuba/SP

Falar-se-á também a respeito da importância de um SEP e para encerrar o primeiro capítulo é necessário também apresentar os órgãos mais importantes no que concerne um Sistema Elétrico de Potência, apresentar-se um apanhado geral, dando ênfase em alguns órgãos.

Ainda será demonstrado como é o funcionamento de um SEP e pelo que ele é composto, que resumidamente consiste em geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

A respeito da geração de energia, esta é realizada pela transformação de qualquer fonte de energia em energia elétrica. Com isso é importante relatar que esta não advém somente da geração de energia por meio de usinas hidrelétricas, mas pode também ser gerada pela energia solar, energia eólica, energia nuclear dentre tantas outras. Será apresentado também que essas fontes de energia nem sempre são renováveis, isto é, elas voltam ao que eram, e outras podem ser não renováveis, como o petróleo. Contudo, explicar-se-á melhor no segundo capítulo todas essas particularidades.

Falar-se-á também sobre a transmissão de energia, sendo que essa etapa é continuidade da geração de energia, pois as linhas de transmissão possuem a função de transportar a energia elétrica do local em que foi produzida até os centros de distribuição, onde esta será entregue aos consumidores finais. Será também explicado a respeito da classificação das linhas de transmissão, que podem ser quanto à corrente, quanto à extensão e quando à tensão.

E assim será dissertado a respeito da distribuição dessa energia gerada. Antes dela ser distribuída ela passa pelas subestações, foco do último capítulo, onde estas regulam a tensão para que chegue no consumidor de maneira adequada.

Será relatado, ainda, a respeito das subestações, as quais consistem basicamente em garantir à segurança, pois são elas que tem como objetivo mudar as características da energia elétrica, aumentando ou diminuindo a tensão e a corrente e assim, será explicado melhor a respeito de seus equipamentos e o funcionamento das subestações.

Apresentar-se-á também sobre as funções das subestações que basicamente seria melhorar a qualidade da energia, proteger a integridade física do sistema e das pessoas dentre outros. Com isso elas serão classificadas, podendo ser quando aos

níveis de tensão, quanto à função, que possui subdivisões, quanto ao tipo de instalação, e quanto ao tipo de comando explicando, assim, cada uma destas.

E por fim serão apresentados os equipamentos, tais como transformadores de força, de corrente e de potencial, chaves seccionadoras, disjuntores, dentre outros. Finalizando o presente trabalho será explicado sobre a importância das subestações no Sistema Elétrico de Potência.

Sistema Elétrico de Potência

É definido como um conjunto de instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, o qual foi, em 1978, regulamentado pela Portaria Nº 3.214. Referido sistema inclui desde as usinas geradoras até os equipamentos de medição nas unidades consumidoras e está presente em todo território nacional. (Silva, 2016).

Nunes (2017, p. 18), traz de maneira clara e sucinta o objetivo de um SEP, conforme segue:

O objetivo deste sistema é gerar energia elétrica em quantidades suficientes, nos locais mais apropriados, transmiti-la aos centros de carga e distribuí-la aos consumidores de forma e qualidade adequada com o menor custo ambiental e econômico possível.

Sendo assim o maior objetivo de um SEP é gerar uma quantidade suficiente de energia elétrica para conduzi-la e difundi-la aos consumidores finais de modo adequado e que possua um custo baixo sendo este ambiental ou econômico. O Sistema Elétrico de Potência – SEP é subdividido em geração, transmissão, distribuição e consumidor, os quais serão melhor explicados posteriormente.

Tendo definido SEP e apresentado basicamente como este funciona é primordial que seja visto qual a importância desse sistema. Iniciar-se-á com a função de um para que assim possa-se visualizar a verdadeira importância. Silva (2019, p. 10) traz que: *[...] a função primeira de um SEP é a de suprir a demanda de energia de consumidores, sejam eles residenciais, comerciais ou industriais.* Visto isso, nota-se que um Sistema Elétrico de Potência é relevante, pois é o mesmo que faz toda a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sendo que sem este não seria possível ter eletricidade nas residências.

No que consiste o Setor Elétrico Brasileiro a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE (2020) afirma que este: *[...] está estruturado para garantir a*

segurança do suprimento de energia elétrica, promover a inserção social, por meio de programas de universalização do atendimento, e a modicidade tarifária e de preços. Existem vários órgãos que decorrem deste setor, tais como a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que é responsável por regular a geração, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica, estabelecer tarifas, dentre outros. E o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS que é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica; dentre outros.

Geração, transmissão e distribuição

Vasconcelos (2017, p. 68) traz em sua obra que a forma de realização da geração de energia é pela transformação de qualquer fonte de energia em eletricidade, conforme segue:

A geração de energia elétrica é realizada pela transformação de qualquer fonte de energia em energia elétrica, podendo esse processo ocorrer em mais de uma etapa. No caso das energias provenientes das águas (hidráulica) ou do calor (térmica), em uma 1ª etapa uma máquina primária transforma um desses tipos de energia em energia cinética de rotação e, em uma 2ª etapa, um gerador elétrico acoplado à máquina primária transforma a energia cinética em energia elétrica.

Sendo assim, apresenta que referida transformação ocorre em mais uma etapa dependendo de qual a proveniência da energia, mesmo tendo citado apenas a hidráulica e a térmica, é importante frisar que existem outras fontes de energia. Posto isso, vale falar sobre as fontes de energia renováveis e não renováveis, onde aquelas são, como o próprio nome já diz renováveis, isto é, elas se renovam com o tempo, diferente das não renováveis, para exemplificar Vasconcelos (2017, p. 68) traz em sua obra que:

*Renováveis: da energia hidráulica, da biomassa (cana, lenha, carvão vegetal e lixo), da energia eólica, da energia solar, da energia geotérmica, da energia maremotriz, do biogás e do biodiesel;
Não renováveis: do petróleo e seus derivados, do gás natural, do carvão mineral e seus derivados e da energia nuclear (urânio).*

CBIE (2018) também relata que no Brasil, as fontes renováveis são responsáveis por mais de 70% da geração elétrica nacional, sendo predominantemente a hidráulica com 65,2%. No entanto, o relatório de Balanço Energético Nacional – 2020 produzido pela EPE trouxe que a fonte hídrica ainda é

a predominante, mas houve uma diminuição para 64,9% de sua oferta interna, e apresenta também que as fontes renováveis representam 83,0% da oferta interna de eletricidade no Brasil.

Após a energia elétrica ter sido gerada, de qualquer forma, seja por usinas hidrelétricas, por painéis solares, usinas eólicas, dentre outras, ela será transportada, e quem realiza o transporte são as linhas de transmissão. Melo (2016) explica que a tensão gerada é em torno de 13kV a 25 kV as quais não são apropriadas para o transporte a longas distâncias, sendo assim necessária se faz a utilização de transformadores que convertem essa tensão aumentando-a e diminuindo a corrente para diminuir perdas no transporte dessa energia gerada. Com isso, as linhas de transmissão possuem a função de transportar a energia elétrica do local em que foi produzida até os centros de distribuição, onde esta será entregue aos consumidores finais.

Com isso, ao se projetar uma linha de transmissão, faz-se necessário observar uma série de componentes os quais as constituem, sendo que estes componentes apresentam particularidades relacionadas ao uso, tipo, nível de tensão, relevo e até ao clima do local por onde a linha de transmissão passará.

Tendo visto um apanhado geral no que cerne às linhas de transmissão, far-se-á necessário explicitar melhor a respeito da distribuição da energia elétrica. Diferente do que se pensa, a distribuição de energia elétrica não consiste apenas na entrega desta, a ANEEL (2015) traz em seu site que: *A distribuição se caracteriza como o segmento do setor elétrico dedicado ao rebaixamento da tensão proveniente do sistema de transmissão, à conexão de centrais geradoras e ao fornecimento de energia elétrica ao consumidor.* Sendo assim, a distribuição não é apenas a entrega da energia, ela faz uma parte essencial que é o rebaixamento da tensão para uma adequada para os consumidores finais.

Portanto, distribuição de energia é um segmento do sistema elétrico, com a finalidade de entregar energia elétrica ao consumidor final. Esse segmento é um sistema de instalações e componentes elétricos que operam sob responsabilidade das concessionárias de distribuição, o sistema é dividido basicamente em subestação de distribuição e em linhas de distribuição. (ZIMMER; ORTIZ; FRANCO JUNIOR, 2013).

A distribuição é a responsável em levar a energia até as residências, empresas

e indústrias, porém, é necessário que essa energia passe por transformações, pois são transmitidas em altas tensões e distribuídas em tensões menores. Tanto para aumentar quanto para diminuir a tensão é necessário que a energia passe por diferentes subestações, sendo essas as responsáveis por mudar as características da energia elétrica.

Subestações elétricas

De acordo com Altoé (2013) nas subestações existem sistemas de medição, proteção e transformação, além de outros sistemas que visam à segurança das pessoas e dos equipamentos envolvidos no processo, facilidade em casos que necessitam de manutenção, atendimento a demanda de energia solicitada pelas instalações alimentadas por elas, maior flexibilidade para realizar manobras e confiabilidade tanto na proteção quanto na operação.

Pode-se definir subestação elétrica, portanto, como um conjunto de equipamentos que tem como objetivo mudar as características da energia elétrica, aumentando ou diminuindo a tensão e a corrente. Dessa maneira é possível manter a energia elétrica dentro de valores pré-estabelecidos para a transmissão e distribuição desta.

As subestações possuem certas funções, sendo que algumas delas podem ser definidas de acordo com Martins (2020) como para:

- Garantir a interligação dos sistemas de energia elétrica, direcionando o fluxo de energia entre as fontes e as cargas e utilizando equipamentos de manobra e transformação de tensão;
- Melhorar a qualidade de energia, possuindo a capacidade para compensar reativos do sistema e controlar e fazer a manutenção dos níveis de tensão adequados;
- Proteger a integridade física do sistema e das pessoas, e para isso deve possuir dispositivos de proteção capazes de detectar diferentes tipos de falha no sistema e isolar os trechos onde estas ocorrerem.

Necessário se faz atentar-se para o último tópico, no que concerne à integridade física, sendo esta referente tanto ao sistema quanto às pessoas, pois uma falha pode acarretar graves prejuízos financeiros e físicos. Não podendo, para tanto, ocorrer nenhum destes. Quanto à classificação as subestações podem ser

classificadas quanto aos níveis de tensão, quanto à função, quanto ao tipo de instalação e quanto à forma de operação. Quanto aos níveis de tensão as Subestações são ramificadas em três, que conforme Muzy (2012) são definidas como baixa tensão, que são as subestações com nível de tensão igual ou inferior a 1KV; média tensão cujos níveis de tensão estão entre 1kV e 34,5kV; alta tensão que é utilizado para níveis entre 34,5 kV e 230 kV e extra-alta tensão, utilizada para níveis maiores que 230 kV. Quanto aos níveis de tensão ela pode ser subdividida em de manobra, elevadora ou abaixadora. Quanto ao tipo de instalação, que pode ser externa ou interna/abrigada. E quanto ao tipo de comando que são subestações com comando, semi-automatizadas e automatizadas.

As subestações possuem equipamentos, os quais são: Transformadores de força que de acordo com Duailibe (1999) os podem ser classificados segundo o seu meio isolante, podendo este ser a óleo mineral, líquidos isolantes sintéticos que são pouco inflamáveis, como o silicone, e secos; Transformadores de corrente, os quais Spezapria (2017), define transformadores de corrente como equipamentos destinados a proteção ou medição, reduzindo a corrente do sistema para níveis menores, se adequando aos valores de conexão, funcionamento e operação dos instrumentos de controle, proteção e medição; Transformadores de Potencial que Muzy (2012) define transformadores de potencial como sendo equipamentos utilizados para que seja realizada a medição de tensão, visto que em muitos casos a tensão do sistema é maior que a tensão máxima suportada pelos equipamentos de medição. A tensão fornecida pelos transformadores de potencial é proporcional a tensão do sistema, ou seja, é possível obter os valores de tensão com maior precisão e segurança; no que diz respeito aos disjuntores, Duailibe (1999) afirma que dentre os equipamentos de segurança, pode-se considerar o disjuntor o principal deles, sendo também um equipamento muito eficiente quando se trata de dispositivo de manobra em redes de energia elétrica; quanto ao banco de capacitores Fragoas (2008), afirma que o mesmo é instalado no sistema de distribuição com o intuito de controlar o fator de potência, para assim, manter o sistema mais estável e diminuir as perdas. O barramento utilizado em subestações pode ser definido como um condutor de metal, tendo como objetivo interligar os circuitos da subestação. Conforme Duailibe (1999) Os equipamentos de proteção são muito importantes nas subestações, pois protegem os demais equipamentos de anormalidades do próprio

sistema e de descargas atmosféricas, os quais são para raios, relés e fusíveis. Já seccionador define-se, segundo a NBR 6935 (apud Muzy, 2012), como um dispositivo mecânico de manobra capaz de abrir e fechar um circuito elétrico quando uma corrente de intensidade desprezível é interrompida ou restabelecida. Gennari (2017) afirma que o aterramento é constituído por um conjunto de hastes, cabos, condutores e conectores, juntamente com algum componente que dissipe as correntes impostas ao sistema, garantindo a segurança das pessoas no local, além de proteger os equipamentos que constituem o sistema.

Desde a necessidade de elevar a tensão para uma transmissão mais eficiente até a necessidade de diminuí-la para distribuir com valores adequados, as subestações são de suma importância, pois não só são responsáveis por mudar a característica da energia elétrica como também atuam visando a segurança, proteção e controle.

Cada subestação tem sua peculiaridade, sendo diferenciadas de acordo com as tensões com que trabalham e pela sua finalidade naquela etapa do processo. Algumas empresas e indústrias optam por construir subestações de média tensão próprias, tendo assim um maior controle da qualidade de energia que abastece seu empreendimento. Dessa maneira, em caso de surtos no si continuam sendo alimentados de maneira correta, evitando que os mesmos venham a sofrer possíveis danos.

Um sistema elétrico bem elaborado, com um rígido controle de qualidade e com subestações dentro dos padrões e estrategicamente posicionadas, tende a abastecer o país sem falhas. Em contra partida, pequenos erros podem causar um grande impacto econômico e social, pois nos dias de hoje a população é refém da energia elétrica, sendo que uma única hora sem o devido abastecimento da mesma pode gerar muito prejuízo e vários transtornos, desde uma indústria parada até um hospital dependendo de um gerador para manter aparelhos ligados.

Conclusão

Diante do que foi apresentado em todo o presente trabalho, é imprescindível realizar um desfecho acerca do tema e do conjunto em si, tendo em vista toda a importância do estudo em questão.

Foi realizada uma análise acerca do Sistema Elétrico de Potência, iniciando

assim, com o conceito deste, que basicamente é definido como um conjunto de instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. É um sistema que interliga produtores e consumidores de energia para suprimir a demanda de energia dos consumidores transmitindo destes consumidores, transmitindo essa energia por meio das linhas de transmissão e distribuição, e para isso é necessário elevar e abaixar os níveis de tensão por meio das subestações.

Foi apresentado também o objetivo de um SEP, que em poucas palavras, consiste em gerar energia elétrica em quantidades suficientes nos locais mais apropriados, transmiti-la aos centros de carga e distribuí-la para os consumidores de maneira adequada e com um menor custo possível.

No primeiro capítulo ainda foi relatado a respeito da geração, transmissão, distribuição e consumidor, que em suma significa que a energia elétrica é formada em um gerador e a partir dali transmitida pelas linhas de transmissão até chegar a um distribuidor, o qual irá compartilhar tal energia com os consumidores, que são o principal foco de todo o processo. Entretanto vale frisar que essa energia não é gerada e distribuída com a mesma tensão, necessário se faz passá-la pelas subestações, que alteram essa tensão, para adequá-la ao momento.

Foi, ainda, apresentadas a importância e as características do SEP e como funciona o setor elétrico brasileiro, expondo assim, seus órgãos, tais como o Conselho Nacional de Política Energética, Ministério de Minas e Energia, Agência Nacional de Energia Elétrica, dentre outros. Dando ênfase e explicando melhor os considerados mais importantes para este estudo em questão.

No que consiste o segundo capítulo, foi relatado com mais ênfase sobre a geração, transmissão e distribuição da energia.

Quando à geração, tem-se que essa geração da energia elétrica é realizada pela transformação de qualquer fonte de energia elétrica, podendo esse processo ocorrer em mais de uma etapa, dependendo para tal, de qual fonte está falando. E assim foi mostrado também que existem várias formas de se gerar a energia elétrica podendo ser através das águas, como em hidrelétricas, ou através do calor, na térmica, do sol, na solar dentre outras tantas formas.

Relatou-se também a respeito das fontes renováveis ou não de energia, sendo as renováveis aquelas que, como o próprio nome já diz, renovam-se com o tempo,

como é o caso da solar ou eólica. E as não renováveis, que são as que não se renovam no decurso do tempo, que são as energias provenientes do petróleo e seus derivados, do gás natural, carvão, dentre outros.

Foi realizada uma pesquisa, na qual mostrou que em 2018 no Brasil, as fontes renováveis são responsáveis por mais de 70% da geração elétrica nacional, sendo predominantemente a hidráulica com 65,2%. E conforme pesquisa realizada em 2020 pelo Balanço Energético Nacional a fonte hídrica ainda é a predominante, mas houve uma diminuição para 64,9% de sua oferta interna, e apresenta também que as fontes renováveis representam 83,0% da oferta interna de eletricidade.

Foi apresentado ainda, brevemente, sobre cada uma das principais fontes de energia, sendo estas renováveis ou não.

Quanto à transmissão de energia, após a energia elétrica ser gerada é necessário que esta seja transportada e quem realizada referido transporte são as linhas de transmissão. Para que haja esse deslocamento é preciso que a tensão seja convertida, adequando-a e para isso utiliza-se os transformadores, aumentando-a ou diminuindo-a. E assim, falou-se também sobre as classificações dessas linhas de transmissão, que podem ser quanto à corrente, quanto à extensão e quanto à tensão.

Após essa energia ser transmitida é preciso que ela seja distribuída, a qual se caracteriza pelo rebaixamento da tensão para que assim chegue aos consumidores finais de maneira adequada, sem que haja prejuízos.

No terceiro e último capítulo o foco foi nas subestações elétricas, as quais possuem a função essencial de regular a tensão da energia. Definiu-se subestações como sendo um conjunto de equipamentos que tem como objetivo mudar as características da energia elétrica, aumentando ou diminuindo a tensão e a corrente. Apresentou que suas funções são: garantir a interligação dos sistemas de energia elétrica; melhorar a qualidade de energia e proteger a integridade física do sistema e das pessoas, com dispositivos de proteção capazes de detectar diferentes tipos de falha no sistema e isolar os trechos onde estas ocorrerem.

Foi relatado também sobre a classificação destas e seus equipamentos mais imprescindíveis.

Concluindo, desde a necessidade de elevar a tensão para uma transmissão mais eficiente até a necessidade de diminuí-la para distribuir com valores adequados, as subestações são de suma importância, pois não só são responsáveis

por mudar a característica da energia elétrica como também atuam visando a segurança, proteção e controle.

E assim, cada subestação possui sua peculiaridade, sendo diferenciadas de acordo com as tensões com que trabalham e pela sua finalidade naquela etapa do processo. Um sistema elétrico bem elaborado, com um rígido controle de qualidade e com subestações dentro dos padrões e estrategicamente posicionadas, tende a abastecer o país sem falhas. Em contra partida, pequenos erros podem causar um grande impacto econômico e social.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Regulação dos Serviços de Distribuição.** Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/regulacao-da-distribuicao/-/asset_publisher/nHNpDfkNeRpN/content/regulacao-dos-servicos-dedistribuicao/656827?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fregulacao-da-distribuicao%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_nHNpDfkNeRpN%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D4>. Acesso em: 05 out. 2020.

ALTOÉ, Solivan. **Subestações Elétricas.** Disponível em: <ftp://ftp.sm.ifes.edu.br/professores/SolivanAltoe/4EN/Subesta%E7%F5es_Solivan.pdf>. Acesso em: 02 out. 2020.

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE. **Setor Elétrico.** Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/comercializacao?_adf.ctrl-state=cf22ewnug_1&_afLoop=37481792453065#!%40%40%3F_afLoop%3D37481792453065%26_adf.ctrl-state%3Dcf22ewnug_5>. Acesso em: 24 set. 2020.

Centro Brasileiro de Infraestrutura – CBIE. **Como funciona a geração elétrica?** Disponível em: <<https://cbie.com.br/artigos/como-funciona-a-geracao-eletrica/>>. Acesso em: 25 set. 2020.

DUAILIBE, Paulo. **Subestações:** tipos, equipamentos e proteção. Disponível em: <<http://www.vieiraevarela.com.br/arquivos/SE.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2020.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Balanco Energético Nacional 2020.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf>. Acesso em: 05 out. 2020.

FRAGOAS, Alexandre G.. **Estudo de caso do uso de bancos de capacitores em uma rede de distribuição primária** – indicativos da sua viabilidade econômica. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) –

Universidade de São Paulo. São Carlos.

GENNARI, Rodrigo. **Malha de aterramento de subestações**. 2017. Trabalho de Graduação de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá.

MARTINS, Bruno G.. **Sistemas de Energia (SIE)**. Disponível em: <<http://joinville.ifsc.edu.br/~bruno.martins/SIE/AULA%2011%20-%20SIE%20-%20SUBESTA%C3%87%C3%95ES.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2020.

MELO, Marcus V. E. S.. **Linhas de Transmissão e Descargas Atmosféricas: Análise de Avarias, Perdas Técnico-Financeiras e Sistemas de Proteção**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília. Brasília.

MUZY, Gustavo L. C. de O.. **Subestações Elétricas**. 2012. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Elétrica). – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

NUNES, Mauro T. L.. **Impacto da localização de geração distribuída nos dispositivos de proteção de um sistema elétrico**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pampa. Bajé.

SILVA, David M. K.. **Fluxo de potência para sistemas de distribuição considerando redução de barras**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina.

SILVA, Rafael Schincariol. **Sistemas elétricos de potência I**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

SPPEZAPRIA, Filipe B. da R.. **Métodos de Ensaio Aplicados na Manutenção de Transformadores de Corrente de Alta Tensão**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) – Universidade Federal da Paraíba. Paraíba.

Vasconcelos, Filipe M. de.. **Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

ZIMMER, Camila; ORTIZ, Guilherme E.; FRANCO JÚNIOR, Manoel A.. **Estudo para melhoria do desempenho do sistema elétrico de distribuição das cidades brasileiras**. Disponível em: <https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2012_2_16/2012_2_16_proposta.pdf>. Acesso em: 06 out. 2020.

A inclusão da tecnologia da Smart Grid para o desenvolvimento do Brasil

The inclusion of Smart Grid technology for Brazil's development

Gabriela Fuzetti Chagas¹

Kelvin Bianquini Cavallari¹

Paula Daiane Lacerda de Souza¹

Rafael de Souza Silva¹

Solito Fernandes da Silva¹

Carolina Iovance Golfieri²

Thiago Santana Aranha³

RESUMO

O conceito da tecnologia *smart grid* consta em quebrar os padrões no setor de energia elétrica arcaico, não apenas no Brasil, mas de forma mundial. Ela objetiva aprimorar a geração, distribuição e o consumo de energia elétrica, tornando visíveis os progressos em qualidade de energia entregue, monitoramento da rede, na gestão de energia, na automação do sistema e no incentivo na utilização de fontes de energia renováveis. Neste trabalho serão apresentados dados tecnológicos, regulatórios, econômicos e financeiros, onde serão de extrema importância na identificação dos benefícios da implantação das redes elétricas inteligentes. Contudo haverá comparativos entre os sistemas convencionais e revolucionários das *smart grids*, com o objetivo de demonstrar que as redes elétricas inteligentes representam para o desenvolvimento do país.

Palavras chave: Consumo, Distribuição, Rede elétrica, Smart grid, Tecnologia.

ABSTRACT

The concept of smart grid technology consists of breaking standards in the archaic electric energy sector, not only in Brazil, but worldwide. It aims to improve the generation, distribution and consumption of electricity, making visible the progress in quality of energy delivered, network monitoring, energy management, system automation and incentives for the use of renewable energy sources. In this work technological, regulatory, economic and financial data will be of extreme importance in identifying the benefits of the implementation of smart electrical networks. However, there will be comparisons between conventional and revolutionary smart grid systems, with the aim of demonstrating what smart electrical networks represent for the country's development.

Keywords: Consumption, Distribution, Electric grid, Smart grid, Technology.

Introdução

A ideia da tecnologia smart grid consiste em quebrar os padrões no setor de energia elétrica ultrapassado, não apenas no Brasil, mas na sua forma mundial. A mesma objetiva aprimorar a geração, transmissão, distribuição e o consumo de energia elétrica, tornando visíveis os progressos da qualidade de energia entregue, monitoramento da rede, na gestão de energia, na automação do sistema e no incentivo da utilização de fontes de energia renováveis, como usinas solares, parque eólicos entre outras.

Através do método das redes inteligentes, possibilita-se uma série de benefícios como, a participação mais ativa dos consumidores, prestações de novos serviços, segurança e disponibilização de informações e maior eficiência energética.

Como todo sistema de energia elétrica apresenta seus entraves sejam elas de origem geradora, transmissora, distribuidora ou consumidora. O consumo irregular acarreta revisões tarifárias, que são cobradas dos consumidores, sejam elas revisadas para maior ou menor valor.

Em síntese a smart grid é possibilitar a participação mais ativa dos consumidores, prestações de novos serviços, gestão e segurança da rede, eficiência no mercado, redução de custos energéticos e/ou operacionais e disponibilização de informações. Para isso precisa-se permitir que a rede possua um fluxo bidirecional de energia, informações e controle, tornando o sistema interoperável.

Rede inteligente de energia elétrica – Smart Grid

Conceito

A energia elétrica é fundamental para a humanidade, e há muitos anos representa um fator de crescimento na ampliação técnica-econômica nos variados países. Redes inteligentes tradução do termo smart grid, onde foi empregado em 2005, após ser usado no artigo dos professores de elétrica e engenheiros da computação Bruce F. Wollenberg e S. M. Amin, onde expuseram uma tecnologia que

causaria mudanças no paradigma do setor elétrico, salientando que a necessidade de tornar o sistema de energia elétrica entregue mais participativo por motivos que diferem de cada região e país (AMIN e WOLLENBERG, 2005).

Por possuírem das variadas definições segundo aos professores mencionados, definem o sistema como “uma infraestrutura de rede em larga escala, definida por agilidade, segurança, resiliência/robustez que enfrentara ameaça e condições imprevisíveis” (AMIN e WOLLENBERG, 2005).

As redes inteligentes de energia elétrica representam um sistema automatizado, onde possui um fluxo bidirecional tanto de energia elétrica quanto de informações, onde a mesma é capaz fazer o monitoramento desde usinas até os consumidores (LAMIN, 2013).

Procura-se garantir a confiabilidade, minimizar e/ou aprimorar o uso de energia, enfraquecer os impactos ambientais, chefiar os ativos e controlar os custos. Smart Grid, ou rede inteligente é o sistema que garante um extenso conjunto de benefícios as concessionárias de energia elétrica e consumidores ligados à rede, possibilitando o crescimento consideravelmente a eficiência operacional, garantindo uma resposta frenética aos pedidos inerentes ao sistema (GELLINGS, 2009).

A mesma representa a revolução no futuro do setor de distribuição de energia elétrica, pois baseado na atualização da infraestrutura já existente possibilita a implantação desse conceito, onde pode ser possível identificar de forma instantânea e precisa as falhas e quedas no fornecimento de energia, com a realização automática de manobras para reestabelecer o sistema (RIVERA, ESPOSITO e TEIXEIRA, 2013).

Características e funcionamento do sistema smart grid

Esses sistemas devem ser desenvolvidos para formar uma rede de comunicação com dispositivos inteligentes e algoritmos que possam suportar a melhoria contínua do sistema operacional, o dispositivo deve sentir que não há fluxo na linha e enviar essas informações para outros dispositivos da rede. Por sua vez, o dispositivo deve encontrar uma topologia para enviar energia de volta para a linha perdida para encontrar formas de reduzir as perdas. As informações fluem através da camada de comunicação entre a camada do consumidor e a camada da subestação, e cada camada tem seu próprio equipamento e tecnologia (PASCALICCHIO, 2011).

Mas uma das vantagens das redes inteligentes é fornecer ao consumidor mais informações, proporcionando um melhor acompanhamento e tomada de decisão sobre o hábito de consumo, mas para o acesso às informações, é necessário que haja a troca dos medidores convencionais para medidores inteligentes, que são responsáveis pela comunicação bidirecional tanto para operação remota quanto para coleta de dados (LAMIN, 2013).

Motivação para a inserção das redes inteligentes

Na esfera internacional são descobertos outros motivadores como a ampliação do mercado livre de energia, diminuição nos custos operacionais, redução do impacto ambiental, prestação de novos serviços, gerenciamento mais ativo, entre outros (LAMIN, 2013).

Motivar a participação do consumidor na operação da rede, permite com que os mesmos gerenciem a utilização e consumo da energia elétrica, utilizando o conceito de “preço em tempo real”, com o preço da energia elétrica sendo exibido dentro da unidade consumidora através de display integrado ao medidor eletrônico (OLIVEIRA e VIEIRA JÚNIOR, 2012)

A pesquisa e o desenvolvimento de novos produtos relacionados às Smart Grids irão proporcionar uma participação mais ativa do consumidor final permitindo que a concessionária avalie os benefícios e novas demandas (DE SOUZA, 2015).

Entraves para a inserção das redes inteligentes

A primeira é a inteligência no sistema de alimentação, abrangendo geração, transmissão e distribuição de energia, ou seja, a parte do sistema de alimentação localizada acima do medidor pode realizar automaticamente as operações relacionadas e ações de proteção para otimizá-las, além de fornecer informações em tempo real aos consumidores. Ilustrativamente, no Brasil, o preço médio de um medidor eletromecânico tradicional de energia elétrica é de 80 reais aproximadamente, enquanto o preço de um medidor elétrico inteligente é cerca de 10 vezes superior.

O alto custo se deve às características técnicas especiais e sua baixa escala de produção, a substituição de todos os medidores de energia elétrica significa um investimento inicial de mais de 23 bilhões de reais, o que representa um desafio para o setor elétrico, pois é apenas um dos elementos necessários para que a rede se torne mais autônoma

e inteligente. A terceira subárea consistirá em inteligência do consumidor, indústria inteligente, casas inteligentes que usarão dispositivos e eletrodomésticos inteligentes e sistemas domésticos que usam informações existentes para gerar eletricidade a partir de energia eólica, solar ou biomassa.

Na rede, e em horários definidos pelo usuário, ligue e desligue em resposta a estímulos tarifários ou relacionados ao desempenho da rede para reduzir o consumo de energia ou injetar eletricidade na rede. A quantidade de dados aumentará e sua correlação se tornará mais complexa, resultando em potenciais problemas de sobrecarga de informações, o que pode levar a uma operação ineficiente da rede, pois todos os equipamentos e instrumentos da rede de distribuição de energia devem ser integrados e a comunicação bidirecional deve ser mantido (LI e ZHOU, 2011).

O risco indireto associado ao uso de medidores inteligentes no Brasil é que, devido à divulgação de dados detalhados de faturamento e à revelação do comportamento de consumo, as informações específicas de consumo de energia localizadas no servidor de serviço de energia são violadas do utilizador. Por fim, em primeiro lugar, o sistema de múltiplas estações tarifárias de energia elétrica pode ser prejudicial para alguns consumidores residenciais, porque neste tipo de sistema a comunicação entre a concessionária e o consumidor é bidirecional, de modo que os preços da energia podem variar ao longo do tempo, ao longo do dia (FALCÃO, 2012).

Tecnologias para a comunicação em Smart grid

Estabelecendo a importância da eletricidade como uma ciência imprescindível atualmente, para uma ótima gestão se faz necessário toda uma estrutura de produção, distribuição e monitoramento desse produto em condições elementar. Considerando-se todo custo necessário para todo o processo de obtenção a distribuição e transmissão do produto até o consumidor é inevitável o controle sobre a produção, demanda e previsões que facilitem o melhor gerenciamento do produto.

Nesse momento entra-se a Smart grid, uma ferramenta que viabiliza realizar o monitoramento real da rede elétrica, possibilitando uma maior confiabilidade da rede quanto do consumidor e uma gestão controlada. Sendo o custo a princípio o maior contraponto, uma vez que exige a atualização de todos equipamentos pertences a linha.

Para a implementação dessa tecnologia se faz necessário o uso de meios de comunicação que possibilitem a manipulação e processamento confiável dos dados produzidos, que são determinadas de acordo com suas características de operação, ambiente e sistema.

Operação: tem como alvo clientes com um maior entendimento do sistema, para que possam auxiliar e fornecer ferramentas para serviços mais eficiente, com maior confiabilidade e qualidade, gerando maior conhecimento sobre as operações e compreensão sobre regulamentos.

Ambiente: com sistemas de comunicação mais eficiente, torna-se possível a redução de degradantes ambientais, pois utilizam de forma mais precisa o potencial da rede elétrica.

Sistema: a tecnologia Smart Grid torna possível um estudo em tempo real de um SEP (Sistema Elétrico de Potência), o que otimiza o sistema elétrico pois, é possível realizar previsões de demanda, assim gerando maior produtividade do sistema.

Com base nestas características podemos destacar as seguintes tecnologias de comunicação:

Powerline Communication

Principal candidato a estabelecer uma infraestrutura de comunicação da rede *Smart grid*, conhecida pela sigla PLC, é uma proposta de comunicação onde se baseia em realizar a transmissão de dados através da rede de transmissão de energia de um SEP. Utiliza a mesma estrutura física dos grids de energia eliminando a necessidade de um novo cabeamento gerando um custo a menos.

Possui acesso ilimitado a todo o sistema de transmissão de energia, permite a combinação com outros tipos de tecnologia, além de ter altas taxas de aquisição de dados para estabelecimento de redes e permitir a divisão de faixas de frequência para transmissão específica de dados.

Porém sua baixa segurança e devido ao SEP não ser projetado para transmissão de dados é necessário criptografar as informações transmitidas. Além de uma alta vulnerabilidade a ruídos e interferências magnéticas faz om que seja colocada em questão se esse seria o melhor meio de comunicação a ser utilizado.

Wireless

A tecnologia Wireless (sem fio) estão cada vez mais presentes nas arquiteturas de rede por sua capacidade de não se restringir à

necessidade de cabeamentos e limitações físicas impostas pelo ambiente, sendo assim aplicadas aos mais diversos tipos de ambientes, implementada em variados setores como setor industrial e doméstico. Consequentemente para cada tipo de implementação existem variações dessa tecnologia quanto a capacidade de transmissão de dados custo e adaptação ao ambiente.

A rede sem fio também se tornou uma ferramenta poderosa no conceito *SMART GRID*, pois seu nó de comunicação é um elo fundamental para a transmissão e processamento de dados de diferentes fontes, e está inserido na complexidade da rede inteligente.

Home Phonline Alliance

Comumente conhecida pela Sigla HPNA, esse meio de comunicação vem se destacando e consolidando desde a década de 90, principalmente no ambiente doméstico, essa tecnologia tem como principal diferencial a capacidade de transmissão de dados, voz e imagem através de um mesmo cabeamento coaxial, sendo muito difundido o seu uso por companhias de telefonia, tv a cabo e internet.

Dentre suas vantagens se destaca o seu baixo custo relacionado ao preço da fibra óptica, uma ótima interoperabilidade uma vez que os diferentes tipos de dados transmitidos como voz e imagem possuem uma frequência diferente de transmissão, alta taxa de transmissão de dados e claro seu principal diferencial, a centralização em apenas um cabeamento.

A HPNA é uma forma barata de se projetar uma rede de transmissão de dados devido às características físicas de sua arquitetura. Ao longo de seu desenvolvimento algumas versões foram adaptadas, a

HPNA 3.1 é a mais indicada para adaptação ao projeto da *Smart Grid*, principalmente pelo seu potencial de transmitir dados com até 256Mbps e frequência de operação similar a tecnologia BPL, entre 12 e 44 MHz.

IEC 61850

A IEC 61850 é um padrão internacional desenvolvido pelo Comitê Técnico TC57 da IEC International Electrotechnical Commission, que estabelece um padrão de interoperabilidade na comunicação e suporta comunicação automatizada e pavimenta o caminho para a smart grid ao fazer integrações entre sistemas, como monitoramento, proteção, medição e controle. Em conjunto com outros padrões de protocolos, é um elemento básico em sistemas de telecomunicações em *smart grid*.

Experiência Nacional

Mesmo que as redes inteligentes não tenham sido implantadas em larga escala no Brasil, existem atualmente algumas iniciativas governamentais e privadas, com a intenção direcionada para o desenvolvimento de tecnologia e modificação na regulamentação no setor elétrico nacional, apesar de alguns projetos pilotos estarem sendo realizados por algumas distribuidoras de energia.

O Congresso segue analisando alguns projetos referentes as redes inteligentes, bem como algumas resoluções relacionadas a Aneel abordando temas como PLC, mapeamento geográfico, diferencial de preços de energia elétrica, geração distribuída de energia em pequena escala e medição eletrônica. Com o controle e estudo das informações, as perdas relacionadas as fraudes e furtos de energia elétrica, podem ser reduzidas e os horários de pico realocados e a possibilidade da

participação de fontes alternativas de energia na geração como solar e a eólica.

Os projetos foram incluídos nos projetos de pesquisa e desenvolvimento, o objetivo é definir a arquitetura padrão da rede inteligente através da estrutura dos elementos que constituem o sistema incluindo novos equipamentos, software, serviços e processos.

Para além da implementação de sistemas de monitorização e reconfiguração da rede em tempo real, bem como do desenvolvimento de métodos e equipamentos para serviços interativos com os consumidores, também foram realizados testes de interoperabilidade entre os medidores e outros equipamentos.

Experiência Internacional

A modernização de uma rede centralizada é o esforço de um país ou grupo de países para aumentar a geração e distribuição de energia para permitir a transição para fontes renováveis e alternativas de energia e para integrar as ações de produtores e distribuidores com os consumidores. A tabela abaixo representa alguns países e seus investimentos para a implantação da tecnologia das smart grid.

O governo da Austrália e o setor privado de energia desenvolveram um projeto piloto de demonstração chamado «Smart Grid, Smart City». O plano visa coletar informações confiáveis sobre os custos e benefícios redes elétricas inteligentes para auxiliar o governo, fornecedores e consumidores de energia e fornecedores nacionais de tecnologia na tomada de decisões futuras. O governo chinês desenvolveu um plano de estímulo de longo prazo para investir em

sistemas de abastecimento de água, infraestrutura rural e redes de energia elétrica, incluindo investimentos substanciais em redes elétricas inteligentes.

Os principais objetivos são reduzir o consumo de energia, melhorar a eficiência da rede e gerenciar a geração de energia renovável.

O projeto inclui a integração das redes inteligentes a 6 mil casas, parques eólicos e 4 linhas de distribuição de energia.

O plano dos EUA cobre o desenvolvimento de infraestrutura de medição do consumidor e sistemas de transmissão, distribuição, armazenamento e a inserção de sistemas solares na geração de energia elétrica.

O governo indiano tem interesse na implantação das redes inteligentes e estão relacionadas aos setores de geração, transmissão, distribuição e qualidade de energia.

O Japão está desenvolvendo tecnologia de redes inteligentes para incluir geração de energia renovável, medidores e serviços inteligentes e veículos elétricos.

Em Rokkasho Village, Aomori Prefecture, projetos de demonstração foram desenvolvidos usando apenas energia gerada a partir de recursos renováveis. A “European Electricity Grid Initiative”, conforme a estrutura “20-20-20” da UE, fornece diretrizes para reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 20%, a produção de energia renovável em 20% e a eficiência energética em 20% até 2020.

Em Portugal, a EDP em sociedade com institutos de pesquisa e empresas de base tecnológica, estão desenvolvendo o projeto

InovGrid, cujo projeto prevê um ciclo completo, inserindo a telegestão de energia, que baseia se nos terminais do consumidor, integração da microgeração na rede e aumento da inteligência de serviço da rede.

Benefícios devido ao uso das redes inteligentes

Essas tecnologias já mencionadas, foram projetadas para beneficiar todo o sistema de várias maneiras nas principais áreas, como na confiabilidade do sistema, a economia, eficiência o meio ambiente e a segurança de dados.

Confiabilidade

Uma rede elétrica confiável geralmente é aquela que fornece energia aos consumidores com uma qualidade que atende às suas necessidades quando eles desejam ou necessitam (PETENEL, 2014).

Para os usuários residenciais, o aumento da confiabilidade reduz quedas de energia inconvenientes para equipamentos eletrônicos causados por problemas de qualidade de energia (PETENEL, 2014).

Com o uso desses medidores, os procedimentos de resposta do lado da demanda também podem ser usados para reduzir a pressão sobre os ativos do sistema em condições de pico, reduzindo assim a possibilidade de falha (PETENEL, 2014).

Economia

Outros benefícios econômicos que merecem destaque são a redução de perdas não técnicas, o aumento da precisão dos medidores inteligentes, os danos à tecnologia tradicional, a redução de cortes de

energia e a criação de novas oportunidades, aumentando a receita da concessionária (PETENEL, 2014).

Além disso, as melhorias na eficiência operacional e de comercialização reduziram os custos de fornecimento de energia em condições de pico, permitindo às concessionárias aumentar suas margens de lucro nas operações da rede (PETENEL, 2014).

Além disso, fontes de energia distribuídas, incluindo geração de energia e armazenamento local, podem ser usadas para apoiar sistemas de recuperação de desastres e, em alguns casos, podem ser usadas como fonte de eletricidade para o mercado (PETENEL, 2014).

Eficiência

Embora os setores de geração e transmissão de energia sejam altamente eficientes, ainda há espaço para melhorias, mas a maior revolução deve ocorrer na distribuição de energia (PETENEL, 2014).

Dentre os benefícios proporcionados pelas melhorias de eficiência, podemos citar a maior utilização de ativos pelas concessionárias locais de energia, pois é possível extrair mais ativos existentes e reduzir perdas nas linhas de distribuição e transmissão (PETENEL, 2014).

Meio Ambiente

Procuramos atingir esses objetivos por meio de iniciativas, como melhorar a capacidade de integração de energia renovável na perspectiva das empresas de energia, que é uma possibilidade criada

pela capacidade das redes inteligentes de suportar níveis mais elevados de energia intermitente (PETENEL, 2014).

A energia distribuída inclui a popularidade generalizada das energias renováveis, novas tecnologias de armazenamento e dispositivos que combinam calor e eletricidade de forma eficiente (PETENEL, 2014).

Segurança

A melhoria da segurança pode ser alcançada reduzindo os riscos inerentes ao sistema energizado ou minimizando o tempo de exposição ao risco. Para tanto, o objetivo é reduzir a possibilidade de ataques físicos ou cibernéticos deliberados, e reduzir as consequências de quem não foi descoberto ou prevenido, reduzir a possibilidade de potenciais interferências prejudiciais nas usinas e aumentar o sistema de monitoramento e suporte à decisão do sistema (PETENEL, 2014).

Conclusão

O desenvolvimento de redes elétricas inteligentes não vem apenas da forte necessidade de integrar energia renovável ao sistema e permitir o uso em larga escala de veículos elétricos, mas também representa uma oportunidade única de aumentar a eficiência energética e melhorar a infraestrutura de rede existente. Além disso, o projeto dessas redes não será baseado em uma única opção, mas em uma combinação de múltiplas tecnologias. Para o Brasil, não há conclusão sobre os custos e benefícios reais das redes inteligentes. Por outro lado, o aumento da felicidade

devido à baixa incidência de cortes de energia é uma receita que não pode ser obtida com o preço da eletricidade.

Na prática, os investimentos relacionados às redes inteligentes aumentarão o bem-estar, o que levará ao aumento dos custos de distribuição. Como as redes inteligentes possibilitam o uso de geração distribuída de energia, isso também atrasará os investimentos em redes de geração e transmissão de energia.

Referências bibliográficas

AMIN, M. S.; WOLLENBERG,. *Toward a smart grid. IEEE power & energy magazine*, v. III, n. 5, p. 34 - 41, Setembro-Outubro 2005.

ARNOLD,. *Challenges and Opportunities in Smart Grid: A Position Article*. IEEE, v. 99, n. 6, p. 922 - 927, 2011.

COPEL. A Experiência da Copel na Automação de Redes de Distribuição. Superintendência de Engenharia de Distribuição. 1º Seminário de Tecnologia e Desenvolvimento para Smart Grid. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Lactec. Curitiba, Brasil, 2012.

DE SOUZA, R. W. R. SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE REDES DE SENSORES SEM FIO APLICADAS ÀS REDES INTELIGENTES (SMART GRID): UM ESTUDO DE VIABILIDADE DE INTEGRAÇÃO TÉCNICA. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ – IFCE. CEARÁ, p. 92. 2015.

ENDESA. Ampla - Ações Contra o Furto de Energia: Tecnologia e Sociedade. Metering Latin America. São Paulo, Brasil, 2012.

FALCÃO,. Redes Elétricas Inteligentes Smart Grid. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, p. 20. 2012.

GARCIA, D. A.; DUZZI, E. Aspectos de evolução do smart grid nas redes de distribuição. O Setor Elétrico, p. 75, Abril 2012.

GELLINGS, C. W. The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response. 1ª. ed. [S.l.]: The Fairmont Press, Inc., 2009.

KEZUNOVIC, M. Smart Fault Location for Smart Grids. IEEE Transactions on Smart Grid, v. 2, p. 11-22, 2011.

LAMIN, H. ANÁLISE DE IMPACTO REGULATÓRIO DA IMPLANTAÇÃO DE REDES. Faculdade de tecnologia da universidade de Brasília. Brasília, p. 300. 2013.

LEITE, J. V. ; CRUZ, A. F. S. ESTUDO E APLICAÇÃO DA SMART GRID NO SISTEMA ELÉTRICO DE DISTRIBUIÇÃO BRASILEIRO. UNIFACS, v. 16, 2017. ISSN ISSN: 1517-2112.

LI, Q.; ZHOU,. The Future-Oriented Grid-Smart Grid. JOURNAL OF COMPUTERS, Chengdu, P.R. China, v. 6, n. 1, January 2011.

LIGHT. Programa Smart Grid Light - Energia Inteligente. Coordenação geral Fábio Toledo. Editora Brasport. Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

OLIVEIRA , ; VIEIRA JÚNIOR , J. C.. BENEFÍCIOS E DESAFIOS DE REDES INTELIGENTES. UNIFACS, v. 2, p. 3-14, JAN./FEV. 2012.

PASCALICCHIO, A.. Perspectiva econômica e modelo de negócio da tecnologia de telecomunicação nas redes de distribuição de energia elétrica no Brasil. Unidade da USP - Interunidades em Energia. São Paulp. 2011.

PIZZALI, L. F. O. CÁLCULO DE FLUXO DE POTÊNCIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO COM MODELAGEM A QUATRO FIOS. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO". Ilha solteira, p. 120. 2003.

REDES Inteligentes Brasil. Disponível em: <<http://redesinteligentesbrasil.org.br/cidade-do-futuro.html>>. Acesso em: 02 nov. 2020.

RIVERA, R.; ESPOSITO, A. S.; TEIXEIRA,. Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local. BNDES, Rio de Janeiro, p. 43-84, 2013.

SARAIVA, F. O. Aplicação de sistemas multiagentes para gerenciamento de sistemas de distribuição tipo smart grids. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos. 2012.

SCHETTINO ,, Smart Grid. Tendências De Sua Implantação No Brasil. [S.l.]: Appris, 2014.

SCHREIBER, J. F. Modelagem de um Sistema de Distribuição de Energia Considerando a Aplicação em Redes Inteligentes. Universidade regional do noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, p. 128. 2013.

TCHEMRA, ; CAMARGO,. Descoberta de padrões em bases de dados utilizando Técnicas Adaptativas. [S.l.], p. 3. 2009.

TOLEDO, F. Desvendando as Redes Elétricas Inteligentes - Smart Grid Handbook. 1ª. ed. [S.l.]: Brasport, 2012.

YU, ; CECATI, C.; SIMOES, M.. The New Frontier of Smart Grids. IEEE Industrial Electronics Magazine, v. V, n. 3, p. 49 - 63, October 2011.

A importância da norma ABNT NBR 5410 nas instalações elétricas

The importance of the ABNT NBR 5410 standard in electrical installations

Alessandra Meiko Isami ¹
Edivaldo Bis ²

RESUMO

A NBR 5410 apresenta tópicos importantes e fundamentais para uma instalação elétrica adequada e segura, porém, muitas residências não se encontram em conformidade com a norma, o que pode trazer sérias consequências como perda de bens materiais e até causar a morte de pessoas e animais. Para comprovar esta realidade foram utilizados levantamento de dados de pesquisas de acidentes com choques elétricos e para acentuar os problemas e riscos causados pela falta de aplicação da norma, foi feita uma análise de uma residência rural apontando falhas na instalação. As análises mostraram que algumas das falhas são imperceptíveis para os moradores, que normalmente não possuem conhecimento de instalações elétricas, podendo sofrer com as consequências.

Palavras-chave: Choques elétricos, Instalações elétricas, NBR 5410, Segurança doméstica.

ABSTRACT

NBR 5410 presents important and fundamental topics for an adequate and safe electrical installation, however, many homes are not in compliance with the standard, which can have serious consequences such as loss material property and even cause the death of people and animals. In order to prove this reality, survey data from accidents involving electric shocks were used and to accentuate the problems and risks caused by the lack of application of the standard, an analysis was made of a rural residence pointing out flaws in the installation. The analyzes showed that some of the faults are imperceptible to the residents, who normally do not have knowledge of electrical installations, and may suffer the consequences.

Key words: Electric shocks, Electrical installations, NBR 5410, Home security.

Introdução

Com o rápido desenvolvimento tecnológico e a necessidade básica de se ter energia elétrica na atualidade nos lares, houve também o crescimento de números de residências com acesso à eletricidade e o seu consumo. Porém, conseqüentemente teve um aumento na procura de profissionais para fazer as

¹ Acadêmico do curso de engenharia elétrica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP.

² Engenheiro eletricista, Mestre em engenharia elétrica pela Universidad Gran Asunción. Docente dos cursos de engenharia do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP, edivaldobis@hotmail.com

instalações elétricas, mas a quantidade de pessoas qualificadas para esse serviço não conseguia abranger toda a demanda e isso ocasionou em muita mão de obra desqualificada.

As irregularidades encontradas atualmente podem trazer sérios riscos de acidentes com choques elétricos e/ou danos materiais por má instalação dos circuitos, consequências da falta de qualificação, fazendo assim, com que tenham vários relatos e notícias em que o corpo de bombeiros e a perícia afirmem como causa do acidente algum foco de uma instalação elétrica mal feita.

A NBR 5410 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão), é uma norma brasileira que tem como seu objetivo manter a segurança de pessoas e animais, a preservação dos bens materiais e o funcionamento correto das instalações elétricas, aplicando-se em todos os tipos de edificações que possuem instalações em baixa tensão, por esse motivo, serão apresentados nesse documento os tópicos principais da norma, algumas situações de risco nos circuitos elétricos e ressaltar o quão importante é a utilização da NBR 5410, tanto para as instalações novas, quanto para as instalações antigas.

Revisão Bibliográfica

A norma NBR 5410, estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens (NBR 5410, 2004).

Esta Norma aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificações, cujo circuitos elétricos são alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada, e possuem frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1500 V em corrente contínua (NBR 5410, 2004).

Um dos grandes problemas encontrados nas instalações elétricas é a falta de preparo e conhecimento dos profissionais, que desprezam a qualidade e a segurança dos materiais, podendo gerar problemas de longo ou até mesmo curto prazo (BORGES, 2019).

Muitos acidentes elétricos evoluem para incêndios. Isso ocorre devido a problemas na instalação elétrica, como redes obsoletas, falta de manutenção,

sobrecargas e a não atuação da proteção elétrica por não ter sido dimensionada adequadamente (SILVA, 2016).

Acidentes com eletricidade hoje no Brasil leva à óbito praticamente a mesma quantidade de pessoas que morrem pelo vírus da dengue. Segundo levantamento realizado pela Abracopel, no ano de 2016 foram mais de 600 vítimas fatais em decorrência de acidentes com eletricidade. Enquanto isso, no mesmo ano, o vírus da dengue vitimou 629 pessoas, segundo o Ministério da Saúde (apud ABRACOPEL, 2017).

De acordo com os dados do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, a 2ª maior causa de incêndios no Estado de São Paulo são instalações elétricas inadequadas. Entre 1999 – 2009, 43,9% dos boletins de ocorrência relativos a incêndios foram de origem accidental, sendo que 12,7% foram originados de problemas com as instalações elétricas (apud ABRACOPEL, 2017).

Anteriormente, em 2002, um levantamento feito pelo Procobre em 628 residências da cidade de São Paulo, apresentou resultados preocupantes. Na época, 90% das residências verificadas não possuíam o condutor de proteção, ou seja, não tinham o fio terra instalado. A falta de instalação do fio-terra significa risco de choque-elétrico, ou seja, risco de perda humana. Por outro lado, os dados também apontaram que 54% dessas residências tinham superaquecimento nos fios e cabos da instalação elétrica, o que apontava para um elevado risco de perda de patrimônio ocasionado por um incêndio (apud ABRACOPEL, 2017).

Uma pesquisa realizada em 2010 pelo Procobre, apontou que 53% das construções residenciais, com idade média de 2 anos, não possuíam projeto elétrico (apud ABRACOPEL, 2017).

Por volta de 1950, com o desenvolvimento da indústria para atender aos esforços pós-guerra, a evolução da aviação comercial e da indústria eletrônica, os Gerentes de manutenção observaram que, em muitos casos, o tempo gasto para diagnosticar as falhas era maior do que o despendido na execução do reparo (TAVARES, 1999).

À medida que os sistemas assumem maior complexidade, as equipes de manutenção passam a demandar um intervalo de tempo mais significativo no sentido de identificar e diagnosticar uma determinada falha (VIEIRA, 2007).

Metodologia

Com o passar dos anos, novos equipamentos elétricos surgiram no mercado e com a evolução tecnológica, os equipamentos que já existiam se tornaram mais eficientes, por isso foi feito um levantamento de carga aproximado no AutoCAD de uma residência rural, para mostrar as diferenças de uma carga instalada do ano de 2005 e do ano de 2020. Para melhor interpretação do levantamento utilizar dados da tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos símbolos utilizados

Símbolo	Descrição
	Tomada baixa
	Tomada média
	Tomada alta (220 V)
	Chuveiro
	Ventilador

Carga instalada em 2005 - Esse levantamento (Figura 1) mostra que não existiam muitos equipamentos em uma residência além do básico, como fogão, geladeira, máquina de lavar, chuveiro e luz. O ar condicionado, que já existia nesta época, não era acessível para muitos, além do seu consumo energético ser alto.

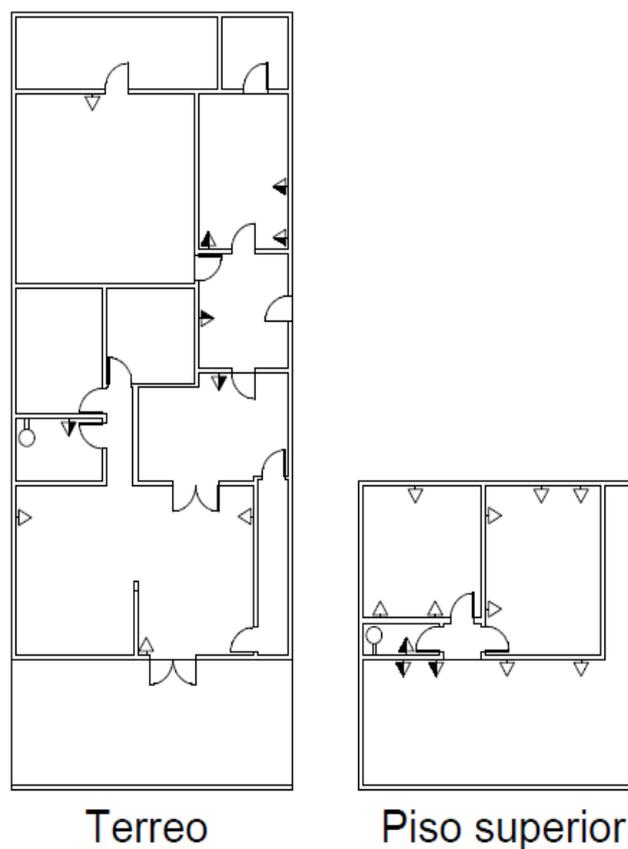


Figura 1 - Pontos de força no ano de 2005. Fonte: autores.

Carga instalada em 2020 - Percebe-se por esse levantamento (Figura 2) que houve um grande crescimento da carga instalada, principalmente por causa do aumento de equipamentos elétricos que foram instalados, como ar condicionado e freezer. Há também outros equipamentos que foram substituídos ao longo do tempo por outros mais potentes.

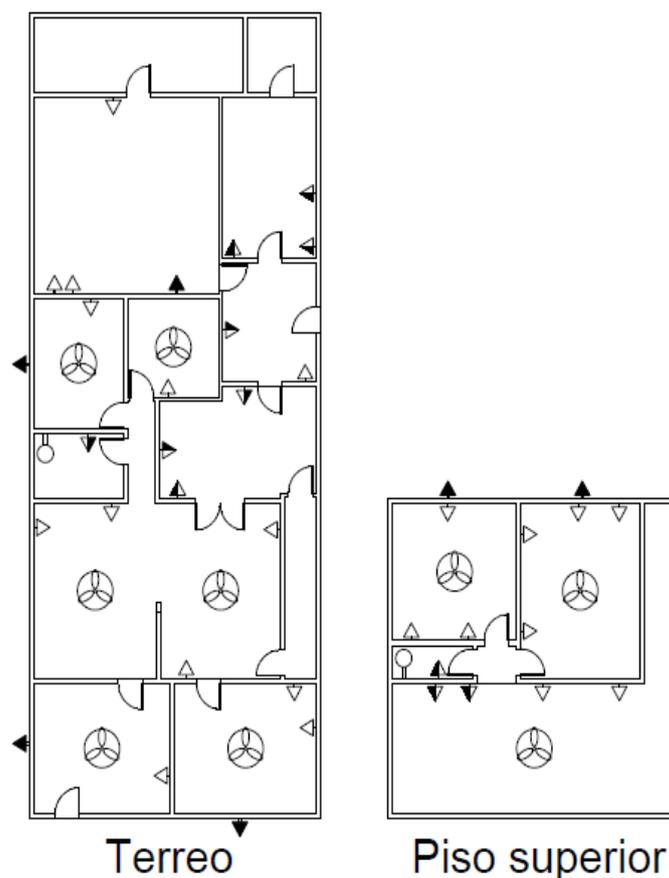


Figura 2 - Pontos de força no ano de 2020. Fonte: autores.

Problemas da instalação elétrica - O quadro de distribuição dessa residência (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) não apresenta as identificações dos circuitos como pede o item 6.1.5.4 da NBR 5410 e em relação aos outros dispositivos de proteção não apresenta DR para as áreas úmidas e DPS para proteger os equipamentos elétricos contra sobretensões causados por descargas atmosféricas, pois existem relatos de raios na região.



Figura 3 - Quadro de distribuição. Fonte: autores.

O quadro geral (Figura 4) é antigo e os disjuntores podem estar superdimensionados para a sua instalação, pois mesmo com o aumento da carga, nenhum dos disjuntores nunca desarmaram. Não existe diagrama da instalação, então não é possível saber os circuitos que estão sendo alimentados pelos disjuntores. Alguns dos condutores de alimentação que saem dos disjuntores não estão de acordo com as cores padronizados pela NBR 5410, verifica-se também o uso de três disjuntores monofásicos com a funcionalidade de um disjuntor trifásico localizado no quadro geral, possível de se identificar por possuir uma haste prendendo os três interruptores, o que pode dificultar o desarme dos disjuntores por resistência mecânica, entretanto este mesmo conjunto de disjuntores alimentam uma bomba, nota-se também, conforme item 6.5.1.6.1, a falta de dispositivo de segurança para a bomba em caso de falta de fase, podendo causar danos materiais caso tenha a queda de uma das fases.

O barramento de neutro (Figura 5) do quadro geral, além dos cabos não estarem isolados, não existe proteção em caso de contato acidental. Outro problema encontrado nesta mesma situação é a existência de outras cores de cabos como preto e o branco, fugindo do padrão de cores estipulado pela norma.

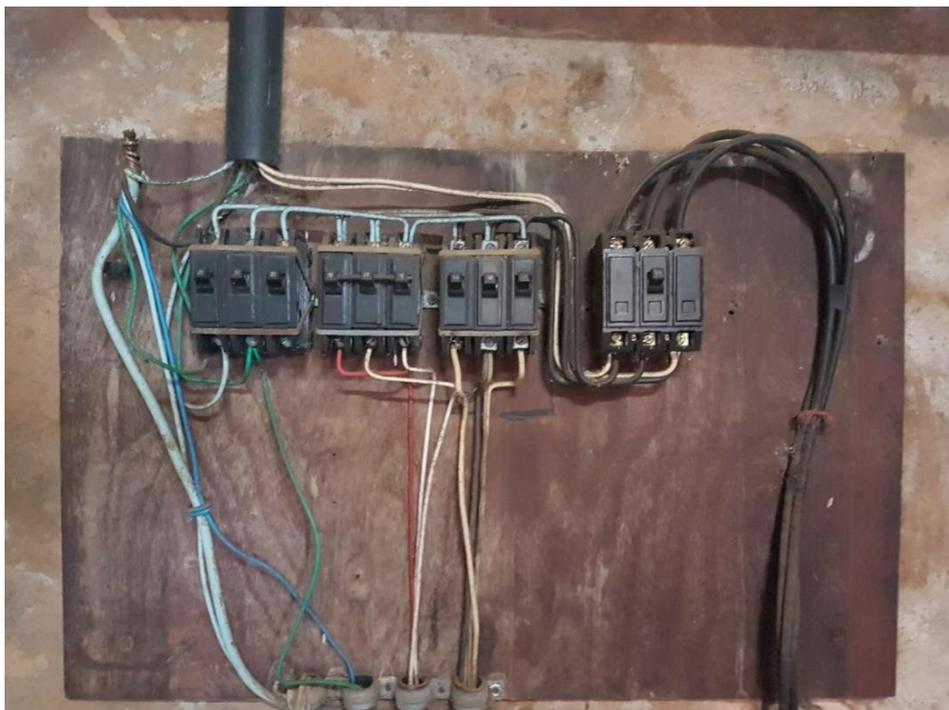


Figura 4 - Quadro geral. Fonte: autores.

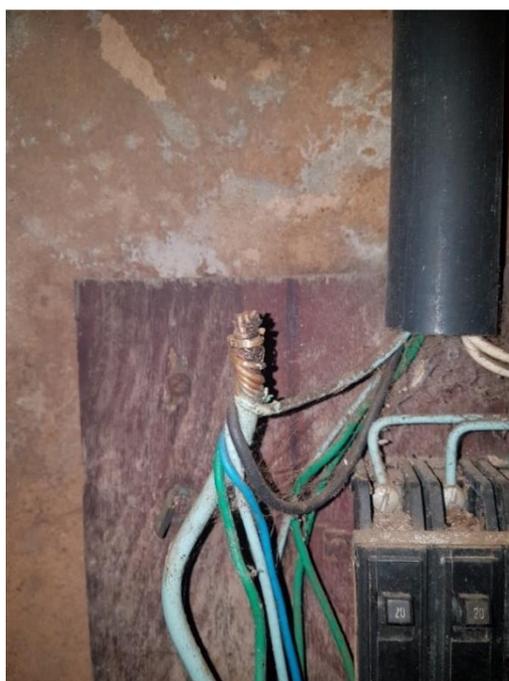


Figura 5 - Barramento de neutro. Fonte: autores.

Nas tomadas antigas (Figura 6) foram encontrados condutores de $1,5 \text{ mm}^2$, mostrando que existem circuitos que precisam ser atualizados, já que na tabela 47 do item 6.2.6.1.1 da NBR 5410, é exigida seção mínima de $2,5 \text{ mm}^2$ para tomadas.

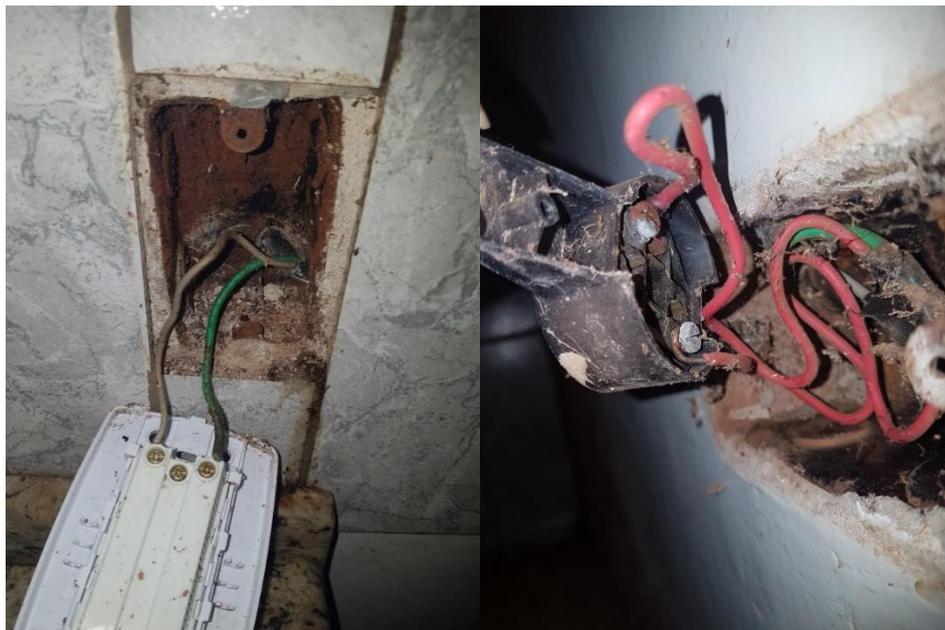


Figura 6 - Tomadas com bitola de 1,5 mm². Fonte: autores.

Nas imagens abaixo é mostrado o quão importante é o dimensionamento correto dos condutores, dos disjuntores e da separação correta dos circuitos.

Esse plug (Figura 7) foi conectado em uma das tomadas acima e mostra sinais de aquecimento, comprovando a não eficiência da instalação. Para que o plug tenha ficado nesse estado, o equipamento ao qual ele pertence, apresenta uma carga maior do que a instalação permite, mas mesmo que os condutores não estejam obedecendo a norma, o disjuntor responsável por este circuito deveria ter desarmado, por se tratar de uma proteção termomagnética.

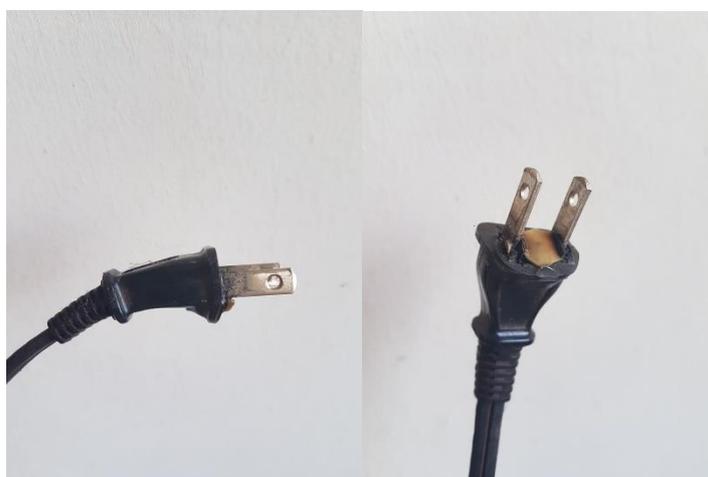


Figura 7 - Plug de tomada derretido. Fonte: autores.

Entre os circuitos antigos, existem emendas com falta de isolamento e exposto, podendo causar acidentes com choques elétricos em caso de contato acidental, não obedecendo ao item 6.2.8.1.



Figura 8 - Emenda sem isolamento. Fonte: autores.

Resultados e discussões

Observou-se que nessa residência houve um grande aumento da carga instalada em um período de 15 anos. Como pode-se observar, o aumento se deve principalmente a quantidade de equipamentos que foram instalados.

Em 2005 (Tabela 2), é possível notar que não se tinham tantos eletrodomésticos comparado com o ano de 2020 (Tabela 3), porém existem equipamentos que consumiam mais energia, como as geladeiras, e outros que consumiam menos, como a máquina de lavar. Isso se deve as características que mudaram conforme os anos, como melhor isolamento térmico da geladeira e vapor de água para desamassar roupa na máquina de lavar.

Tabela 2 - Carga levantada do ano de 2005.

Equipamento	Quantidade	Carga
Ar condicionado	0	0
Máquina de lavar	1	0,31 KW
Chuveiro	2	10 kW
Geladeira	2	10 KW
Freezer	0	0

Fonte: autores.

Tabela 3 - Carga levantada do ano de 2020.

Equipamento	Quantidade	Carga
Ar condicionado	7	30,498 kW
Máquina de lavar	1	1,57 KW
Chuveiro	2	11 kW
Geladeira	2	6,94 KW
Freezer	1	2,47 KW

Fonte: autores.

Para este estudo de caso, foi utilizado uma residência rural que apresentava em sua instalação elétrica irregularidades pela falta de atualização dos circuitos e pela falta de cuidado do eletricista. Em um dos circuitos, foi possível verificar pelas suas condições, a existência de risco de incêndio, podendo ter como causa o subdimensionamento do condutor ou o superdimensionamento do disjuntor, que só foi descoberto após a isolação do cabo ter derretido, mostrando que os riscos podem estar escondidos.

Conclusões

Conclui-se com este documento, que a norma exige para cada situação, a forma mais segura para se fazer ou atualizar uma instalação, embora nem todas assegurem totalmente a segurança, dependendo de fatores externos, que podem comprometer a integridade dos bens materiais e da vida. É importante ressaltar que não atualizar os circuitos e não seguir as exigências da norma podem trazer vários riscos como perdas de eletrodomésticos, incêndios, problemas de saúde causados por choques elétricos e, dependendo da situação, causar até morte. Como possíveis riscos podem estar escondidos, é válido solicitar uma inspeção de algum profissional qualificado em caso de instalação elétrica antiga e em caso de suspeita de erro na instalação.

Em construções antigas, muitas vezes são feitas reformas para manter ou para modificar a construção, porém em muitos casos as manutenções e as alterações abrangem em sua maioria a parte mecânica e hidráulica por serem menos complexas e mais visuais, facilitando na identificação de problema. A parte elétrica e eletrônica por serem menos visuais, dependendo de equipamentos específicos para executar medições e conhecimento teórico e prático, normalmente é reaproveitada por aparentarem estar em bom funcionamento. O reaproveitamento

dos condutores pode apresentar sérios riscos dependendo de cada caso, como o subdimensionamento para a carga que será alimentado, troca acidental de circuito e a não padronização das cores que pode confundir outro eletricitista.

Nas imagens apresentadas da residência, notou-se a necessidade de fazer a troca dos cabos antigos pelo tempo de uso, cores da isolação utilizadas fora da norma e bitola insuficiente para a carga atual, também será necessário fazer a troca dos dispositivos de proteção antigos, acrescentar dispositivos de proteção para áreas molhadas, falta de fase e surtos de tensão de acordo com os problemas apontados, demonstrando a falta de manutenção e atualização da instalação, o que pode ocasionar sérios riscos como o princípio de incêndio.

Referências

ABRACOPEL (São Paulo). **Raio X das Instalações Elétricas Brasileiras**. São Paulo: Abracopel, 2017. 30 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 209 p.

BORGES, Leandro Francisco Pereira. **Instalações Elétricas: construção de uma rede elétrica dimensionada**. 2019. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2019.

SILVA, Mauricio Dias Paixão da. **Prevenção de acidentes nas instalações elétricas**. 2016. 123 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

TAVARES, Lourival. **Administração Moderna da Manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo, 1999. 207 p.

VIEIRA, Sérgio José Rocha. **A Adoção do Conceito de Manutenibilidade como Estratégia para Inovação da Gestão de Manutenção Civil da FIOCRUZ**. 2007. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Rio de Janeiro, 2007.

Desenvolvimento de dispositivo para transporte, elevação e rotação de tambores

Development of device for transportation, lifting and rotation of drums

Alisson Henrique Harada Teixeira¹

Bruno Heib Bértoli¹

David Guilherme de Oliveira Zago¹

Fernando Gratão Barbosa¹

John Lucas Nobrega de Farias Leite¹

Patrick Oliveira dos Santos¹

Vinícius Duarte Miguel¹

Prof. Eng. Daniel Lucas de Oliveira²

RESUMO

O projeto consiste no desenvolvimento de um equipamento que tem como finalidade transportar, elevar e rotacionar um tambor de 200 litros, utilizando-se, para tanto, um guincho de coluna para a elevação da mesa que suporta até 600Kgf, rodízios para a movimentação e transporte do dispositivo, redutor para a realização do movimento giratório, um sistema de segurança que evita a queda em caso de rompimento do cabo e uma estrutura de aço ASTM - A36. Tal iniciativa visa diminuir consideravelmente o esforço humano, auxiliando na ergonomia do colaborador, já que o processo de abastecimento do produto ou retirada do mesmo, em algumas empresas, é feito manualmente e exige um esforço exagerado, uma vez que o recipiente deve ser tombado para ser esgotado ao máximo e o produto melhor aproveitado, pois o mesmo pode ter um custo relativamente alto, tendo sido, ao final, alcançado todos os objetivos traçados na elaboração da proposta inicial.

Palavra-chave: Estrutura – guincho – tambor – transporte – ergonomia.

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP.

² Engenheiro de Controle e Automação, Mestre em Engenharia Mecânica – Materiais e Processos de Fabricação pela UNESP. Orientador do trabalho e Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP.

ABSTRACT

The project consists in the development of an equipment that has the purpose of transporting, lifting and rotating a 200 liters drum, using a column hoist for lifting the table that supports up to 600Kgf, casters for the movement and transport of the device, a reducer for swivel movement, a safety system that prevents the fall in case of cable breakage and an ASTM a-36 steel frame. This initiative aims to considerably reduce the human effort, helping the ergonomics employee, since the process of supplying the product or removing it, in some companies, is done manually and requires an exaggerated effort, since the container must be tipped over to be exhausted to the fullest and the product is best used, because it can have a relatively costly, and the objectives set out the preparation of the initial proposal.

Keyword: Structure - winch - barrel - transport - ergonomics.

INTRODUÇÃO

Com a necessidade do manuseio de cargas de pesos elevados o desenvolvimento das máquinas de transporte e elevação de carga cresceu com o passar das décadas, onde foi se aprimorando cada vez mais promovendo a redução de custos, um aumento da capacidade produtiva e a melhoria das condições de trabalho. A redução de custos será realizada através da minimização da mão-de-obra pela implantação de equipamentos mecânicos substituindo o trabalho braçal, exigindo menos esforço físico e reduzindo os tempos de deslocamento assim como os custos referentes aos materiais, pela melhor estrutura de acondicionamento e uma movimentação mais eficaz diminuindo o índice de perdas.

O processo de transferência dos tambores nas indústrias, envolve grandes esforços físicos por parte dos funcionários. Esses esforços podem comprometer a integridade física do colaborador, através de lesões como problemas na coluna, entorses e luxações.

Dentro desse cenário, foi feita uma avaliação ergonômica, onde foi analisado as adaptações no posto de trabalho, para que os aspectos que dificultam o desenvolvimento do trabalho possam ser observados a fim de buscar uma solução coerente para melhorar a qualidade de vida e da atividade laboral a ser desenvolvida pelo indivíduo. O principal foco da ergonomia é trazer, de maneira eficaz, técnicas adaptativas para facilitar as atividades diárias dos trabalhadores, trazendo maior qualidade de vida, buscando prevenir patologias que podem surgir por esforço repetitivo, melhorando o rendimento dos colaboradores junto às empresas, desenvolvendo ações que trarão benefícios para os mesmos.

METODOLOGIA

Sabe-se que o esforço quando mal executado por diversas vezes pode ocasionar lesões e conseqüentemente problemas de saúde desde leves a crônicos, causando prejuízos financeiros para a empresa e também para o funcionário.

O intuito do projeto é diminuir o desgaste físico do operador onde se realiza o processo de abastecimento ou retirada do produto do tambor em linhas onde ele é utilizado. Isso melhora o rendimento da linha e facilita a descarga total, não deixando sobras e diminuindo consideravelmente perdas de produto que às vezes pode ter o custo elevado.

O projeto consiste na produção de uma máquina que diminui também ao máximo o esforço físico e repetitivo, evitando assim problemas ergonômico e acidentes, transferindo quase todo esse esforço para o equipamento e também diminuindo consideravelmente o desperdício.

Foi necessário projetar um sistema elétrico para elevação e um sistema manual para a rotação de tambores de 200 litros, além de uma estrutura metálica para suportar toda a carga que o sistema necessita para executar um trabalho que era feito de forma manual. Foi feito um estudo sobre estruturas metálicas com seus devidos cálculos para melhor execução do projeto, juntamente as normas regulamentadoras NR-11 e NR-12 para adequação do dispositivo.

Construção do protótipo

Para o desenvolvimento do projeto, as normas NR-11 (Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais) e NR-12 (Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos) serviram de base para a metodologia de construção e de procedimentos operacionais.

Estrutura da base em aço ASTM – A36 é formado por uma viga U 150 mm x 100 mm x 1260 mm com 5 mm de espessura e também foi utilizado dois tubos quadrados de 100 mm x 100 mm x 1050 mm.

Acoplador de união da mesa a estrutura base em material ASTM - A36, utilizando tubos 100 mm X 50 mm X 5 mm com 1030 mm de comprimento, duas chapas de 5 mm de espessura com medidas de 250 mm x 200 mm com dois furos passantes de diâmetro 30 mm, chapa 5 mm de espessura com medidas 1040 mm x 250 mm com 8 furos de 10 mm de diâmetro, 10 mãos francesas de 2 mm de espessura com medidas 100 mm x 100 mm e chapa central de 20 mm de espessura com medida 100 mm x 100 mm com furo passante de 20 mm.

Estrutura base para pegador foram utilizando tubo retangular de 50 mm x 50 mm x 1060 mm, dois tubos retangulares de 100 mm x 50 mm x 300 mm e chapa 2 mm de espessura para fixação na estrutura, tudo em aço ASTM – A36.

Pegador de apoio, utilizando tubo de aço ASTM – A36 com Ø40 mm x 1300 mm onde foi efetuado duas dobras no ângulo de 90° modelando no perfil para melhor postura do operador.

Sapata de fixação da coluna guia feita em material ASTM A36, composta por chapas de espessura 2 mm com medidas 360 mm x 305 mm, 200 mm x 205 mm onde foi efetuado dobra de 90°, e outra peça de 260 mm x 305 mm efetuado uma dobra de 90° com medida de 50 mm.

Perfil U enrijecido ou perfil G, material ASTM - A36 150 mm x 50 mm x 2500 mm com 3 mm de espessura para a construção da coluna guia do projeto.

Estrutura de junção do topo das colunas guia, feita em material ASTM - A36, onde também suporta parte da força peso vindo da mesa de elevação.

Estrutura para apoio do sistema de segurança, feito com cantoneira de 31,8 mm x 31,8 mm com 3 mm de espessura e 1160 mm de comprimento, utilizando aço ASTM – A36.

Pino eixo para rodas guia, utilizando barra redonda com diâmetro de 30 mm x 100 mm de comprimento, utilizando aço ASTM - A36. Foram feitos o torneamento do eixo e na extremidade de uma das pontas foi feito rosca de M22.

Sistema de segurança, feito em aço ASTM – A36, são dois ganchos utilizando chapa 3/16” com dimensões de 285 mm x 120 mm, e uma barra redonda de diâmetro de 20 mm por 835 mm de comprimento. Esse sistema de segurança tem atuação mecânica feita por molas, que na utilização da máquina quando o tambor estiver suspenso e ocorrer uma ruptura do cabo de aço, quebra de algum elemento da estrutura, ou alguma coisa que faça o cabo de elevação ficar folgado, vai fazer com que esse sistema se ative e se fixando nas vigas da estrutura base, sendo assim não deixando com que a mesa com o tambor caia ao chão.

Mesa de apoio do tambor, em material ASTM - A36, utilizando tubo 100 mm x 50 mm x 3 mm com 800 mm de comprimento, dois tubos de 100 mm x 100 mm x 3 mm com 1150 mm de comprimento, chapa 5 mm de espessura com medidas 1040 mm x 250 mm com 8 furos de 10 mm de diâmetro, 6 mãos francesas de 2 mm de espessura com medidas 100 mm x 100 mm.

Abraçadeira para fixar os tambores, utilizando chapa 3 mm de espessura de aço ASTM – A36 calandrado e dobradeira para movimentação.

Rodas guias, feitas com material de Nylon com diâmetro de 140 mm x 35 mm de espessura.

A figura a seguir demonstra o desenvolvimento do projeto em Autodesk Inventor 2016, após debates e croquis feitos à mão e o resultado final como ficou.



Figura 1 – Desenvolvimento do equipamento em Autodesk Inventor 2016, e projeto concluído. Fonte: Autores, 2019.

Para o uso do equipamento, o tambor de 200 litros deve ser fixado com a abraçadeira e em seguida, nos comandos do controle, elevado para a altura desejada e rotacionado manualmente. Este procedimento é realizado para que haja um maior esvaziamento do produto contido no tambor evitando o desperdício do mesmo, uma vez que pode não ser barato. O equipamento contém rodízios para o transporte da máquina com tambor ou não, facilitando a movimentação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O equipamento trata-se de uma estrutura de ASTM A-36, com pintura antioxidante, onde é composto de um guincho de coluna para o içamento, através de um cabo de aço, da mesa para o futuro tombamento do tambor.

O protótipo apresenta um controle elétrico que guia o guincho que eleva ou baixa a mesa com o tambor, onde contém dois botões. Um botão para subir e descer e outro de emergência, previsto na norma NR-12.

Os testes de içamento apresentaram um funcionamento ininterrupta de até 10 horas, devendo ser engraxado nas colunas guias

Os custos com materiais e mão-de-obra deram um total de R\$ 7.487,06.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi identificado um problema em um processo de abastecimento na linha de produção em determinada empresa, onde o colaborador era exposto ao risco de acidentes e lesões devido a força excessiva feita no momento da elevação dos tambores manualmente, na intenção de esgotar totalmente o produto contido no tambor. Foi projetada então, visando a solução deste problema, uma máquina que transporta, eleva e tomba tambores de 200 litros eliminando o esforço desnecessário aplicado pelo operador.

O equipamento dispõe de um guincho de coluna, que suporta uma carga de até 600kg, para o movimento de sobe e desce da mesa elevatória que é acoplada a uma abraçadeira girada através de um redutor. Testes virtuais, testes reais e cálculos, constataram que a estrutura não apresenta perigo quanto a resistência dos materiais. Todavia, a máquina conta com um sistema de segurança totalmente mecânico que é ativado por molas tensionadas caso o cabo de aço seja rompido por desgaste ou mal uso.

Os objetivos propostos no início do trabalho foram atingidos, pois a movimentação de tambores se torna mais rápida e prática comparada ao mesmo processo feito manualmente. Pode-se dizer, depois de testes realizados, que o sistema de segurança é muito eficiente e cumpre com a função de não deixar o tambor despencar caso o cabo de aço se rompa ou afrouxe. O movimento de levantar e girar tambores, antes realizado pelo operador, foi transferido para o equipamento evitando assim possíveis riscos de acidentes e lesões, contribuindo com a questão da ergonomia nas empresas.

O dispositivo que transporta, eleva e gira um tambor de 200 litros, será de grande valor em indústrias que utilizam do mesmo devido ao enorme auxílio no manuseio de tambores com praticidade.

Através do desenvolvimento do projeto, foi colocado em prática o conhecimento de todas as matérias da graduação. As dificuldades encontradas no decorrer do projeto colocaram em teste esses conhecimentos e deram experiência para a carreira pessoal, profissional e para futuros projetos.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT . **NR 11 - Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais**. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr11.htm>>. Acesso em 19 de maio de 2019.

____ . **NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Disponível em:

<http://www.ogmoitajai.com.br/portal/legislacao/normas_regulamentadoras/NR12.pdf> Acesso em 19 de maio de 2019.

____ . **NR 26 - Sinalização de segurança**. Disponível em:

<<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr26.htm>>. Acesso em 11 de novembro de 2019.

BEER, Fernand P.; Johnston, E. Russell, Jr, **Mecânica Vetorial Para Engenheiros** 9ª edição. 2012.

BUDYNAS, Richard G. **Elementos de Máquinas de Shigley** 10ª edição.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica: Materiais de Construção Mecânica** Vol III. 2ª ed. São Paulo: Mc Graw Hill. 1977.

Elevador Tambor Basculante. Disponível em: <<http://www.zetec.com.br>>. Acesso em 18 de maio de 2019.

Empilhadeira Gira Tambor Manual LM 319T PALETRANS. Disponível em: <www.mesquitamaquinas.com.br>. Acesso em 18 de maio de 2019.

FALZON, Pierre. **Ergonomia** 3ª reimpressão. Blucher, 2014.

INSS. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/2018/03/saude-do-trabalhador-dor-nas-costas-foi-doenca-que-mais-afastou-trabalhadores-em-2017>>. Acesso em 10 de dezembro de 2019.

FRANÇA, Luiz Novaes Ferreira; Amadeu Zenjiro Matsumura, **Mecânica Geral** 3ª edição revista e ampliada.

HIBBELER, Russell C. **Resistência dos materiais** 7ª edição.

ISO 12100 - Segurança de Máquinas- Princípios gerais de Projeto. Disponível em:

<http://www.abimaq.org.br/download/IPDMAQ/NR_12_17_1_16_ABIMAQ_LEITURA.pdf>

. Acesso em 19 de maio de 2019.

MANCAIS. Disponível em: <<https://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/468-mancais>>. Acesso em 17 de outubro de 2019.

NORTON, Robert L. **Cinemática e Dinâmica dos Mecanismos.**

NORTON, Robert L. **Projeto de Máquinas: Uma abordagem integrada.** 4ª ed. Porto Alegre. Bookman. 2013.

PEREIRA, Mario Jorge. **Engenharia de manutenção – teoria e pratica.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

RUDENKO, N. **Máquinas de Elevação e Transporte.** 1ªedição.Rio de Janeiro:Livros técnicos e científicos Editora S.A, 1976.

SENAI, **Noções Básicas de Elementos de Máquinas,** 1996.

SENAI, **Noções Básicas de Processos de Soldagem e Corte,** 1996.

Tabela Coeficiente de segurança de rodízios. Disponível em:

<<https://schioppa.com.br/guia-pratico/como-selecionar-rodas-e-rodizios>>. Acesso em 12 de outubro de 2019.

TBI-02 Transportador e Tombador de tambor. Disponível em:

<<https://www.incasolucoes.com.br>>. Acesso em 18 de maio de 2019.

Tenaz para Içamento de Tambor (TIT). Disponível em:

<<http://www.rud.com.br>>. Acesso em 18 de maio de 2019.

Tombador de Tambor GM. Disponível em:

<<http://www.gmindustria.com.br>>. Acesso em 18 de maio de 2019.

Tombador de Tambor para empilhadeira. Disponível em:

<<https://www.machmetals.com.br>>. Acesso em 18 de maio de 2019.

Tombador de Tambor semielétrico. Disponível em:

<<http://www.entec.com.ve>>. Acesso em 18 de maio de 2019.

Desenvolvimento de projeto de um misturador rotativo em “V”

Design and development of a “V” rotatory mixer.

Alexandre Seiji Nomura¹

Igor Roberto Rocha¹

Luís Fernando Rodrigues Viudes¹

Thalles Gabriel da Silva Souza¹

Prof. Fernando Gabriel Eguia Soares Pereira²

RESUMO.

Na atualidade muitas empresas farmacêuticas que fornecem produtos de manipulação que estão começando agora no mercado de trabalho e as que já estão em funcionamento, as maiores em sua forma de preparar a mistura, fazem o processo manualmente, e não só as empresas farmacêuticas, mas também as instituições de ensino como faculdade, curso técnico. Produzimos uma máquina, um Misturador Rotativo em “V”, em que uma das nossas prioridades é atender essas empresas e instituições, com essa máquina eles poderão realizar a mistura com mais facilidade, rapidez e eficiência. Sua mistura classificada como homogênea atende perfeitamente as demandas determinadas. O misturador Rotativo em “V”, é composto por materiais que facilitam a sua locomoção, um sistema elétrico e motor de passo para realizar o movimento rotativo, umas das vantagens é que o operador não precisara ficar operando a máquina, assim ele terá tempo para realizar outras tarefas. A segurança é um fator muito importante por mais que a máquina seja de bancada corre-se risco de acidentes. Sua forma de abastecimento é bem simples na parte superior haverá duas tampas que será utilizada para acrescentar a mistura, com tampas práticas e na parte de baixo onde será feita a retirada da mistura caindo diretamente em um recipiente que será acrescentado.

Palavra-chave: Automação, Misturas, Empresas e Instituições, Misturador Rotativo em “V”.

ABSTRACT.

¹ Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

² Engenheiro e professor do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba e coorientador do presente trabalho de conclusão de curso.

Today many pharmaceutical companies supplying manipulation products that are just starting in the labor market and already in operation, most of the way they prepare the mix, do the process manually, and not only pharmaceutical companies but also educational institutions such as college, technical course. We produce a machine, a "V" Rotary Mixer, where one of our priorities is to serve these companies and institutions, with this machine they will be able to mix more easily, quickly and efficiently. Its mixture classified as homogeneous perfectly meets the determined demands. The "V" Rotary Mixer is made up of materials that make it easy to move, an electric system and stepper motor to perform the rotary movement. perform other tasks. Safety is a very important factor, even if the machine is bench, you risk accidents. Its supply is very simple at the top there will be two lids that will be used to add the mixture with practical lids and at the bottom where it will be removed from the mixture falling directly into a container that will be added

Keywords: Automation, Mixtures, Companies and Institutions, "V" Rotary Mixer.

INTRODUÇÃO.

A automatização no ramo farmacêutico vem sendo uma prioridade nas atualidades, a procura é grande, mas os valores estão muito elevados de acordo com os acontecimentos, o misturador rotativo em "V" foi desenvolvido para justamente poder chegar até as bancadas das farmácias, instituições, cursos técnicos, etc.

O projeto é baseado a suprir a necessidade das empresas, instituições, que tenham vínculo com o ramo farmacêutico, com a intenção de melhorar as misturas sólidas e elaborações de capsulas de comprimidos.

Dentre um número grande de misturadores, existe o misturador em "V" que consiste em duas câmeras cilíndricas com um ângulo, girando em um eixo horizontal. Esse misturador tem a grande facilidade na ação de misturar, o equipamento utiliza a técnica de tombamento dos materiais para produzir a homogeneização.

A máquina foi projetada para facilitar o manuseio do ato de misturar pós farmacêuticos, dando uma segurança ao operador, rapidez e eficiência na mistura, seguindo todos os padrões das normas a máquina é feita por inteira de material inoxidável, para não conter riscos de contaminação.

Será usado um motor de passo, arduino, fonte e driver para a realização do movimento rotativo do "V", que será montado em uma base retangular pequena, com eixos e mancais. A alimentação dos ingredientes que será utilizado na máquina, será depositado na superfície com bocais que vão ser vedados com borracha com

sistema de trava a rosca. Grade de proteção e segurança na parte frontal do equipamento construído de aço inox.

Projetar um misturador Rotativo “V com o objetivo de misturar pós e atingir um grau de homogeneização que satisfaça, fazendo isso em um tempo menor e com mais precisão que os outros misturadores possam fazer, no intuito de utilizá-lo como material didático em universidades, suprimindo uma necessidade específica na universidade com a intuição de substituindo o atual processo manual utilizado por processo automatizado.

O propósito de um projeto de máquinas é dimensionar e dar forma aos elementos de máquinas e escolher os materiais e processos de manufatura apropriados, de modo que a máquina resultante possa desempenhar a função desejada sem falhar (NORTON, 2013).

O objetivo de projetar o "misturador rotativo em forma de V" é misturar o pó e obter um grau de homogeneidade satisfatório. Comparado com outros misturadores, ele pode ser operado em um tempo menor e com maior precisão, de modo que pode ser operado em uma universidade e utilizado como material didático para substituir o processo manual atual por uma forma intuitiva de atender às necessidades específicas da universidade.

Este tipo de misturador é especialmente adequado para laboratórios farmacêuticos universitários e materiais de ensino. Pode-se dizer que seu preço baixo, tamanho reduzido, fácil operação e limpeza, é particularmente adequado para profissionais que o utilizam a partir de agora. O mercado de trabalho na indústria farmacêutica.

Dentre os diversos tipos de misturadores existentes, o misturador tipo “V” é composto por duas cavidades cilíndricas montadas em um cilindro em um determinado ângulo na direção horizontal e fixadas em dois rolamentos. Outros misturadores apresentam grandes vantagens, pois o equipamento utiliza tecnologia de despejo de material para homogeneização.

Ajustaremos os pés de apoio para que possamos ajustar o equipamento de acordo com a posição e deformação a ser trabalhada, de forma a evitar que vibrações ou coisas semelhantes interfiram no funcionamento do equipamento, e até mesmo causando algum tipo de dano ou mau funcionamento do equipamento.

No tanque cilíndrico em forma de “V”, onde o pó a ser transformado é armazenado e misturado, a descrição precisa do conteúdo de cada mistura é colocada na mistura. O cilindro de aço inoxidável protegerá a mistura de qualquer contaminação e destruirá as partículas. E mescle-os ao mesmo tempo, para que o nome seja monofásico.

O cilindro em forma de “V” é escolhido porque não atingirá nenhum ponto morto quando girado 360 °, o que significa que conforme o cilindro gira, o cilindro irá misturar todo o topo de um lado a outro, e sua rotação também isso terá um grande impacto neste processo, se girar a mistura muito rapidamente, o pó grudará no fundo do cilindro junto com a válvula de saída da mistura.

Temos por justificativa da realização desse projeto a necessidade de suprir as dificuldades que se encontram de se obter uma mistura bem sucedida em menos tempo.

O misturador giratório em forma de “V” é projetado para quem quer garantir segurança e resultados qualitativos, pois mistura o produto por meio de tambor de mistura. Este processo tem baixíssimo grau de ação mecânica sobre o produto, e tecnologia suficiente não perderá a eficiência da mistura, portanto não afetará ou alterará o desempenho do produto misturado.

É um equipamento utilizado em áreas industriais que necessitam processar e misturar medicamentos, vitaminas, suplementos alimentares, sais minerais, pigmentos, aditivos, alimentos e muitos produtos químicos. O misturador rotativo “V” é um equipamento ideal devido a este processo de mistura trouxe alta eficiência, produtividade e segurança.

Através de alguns resultados realizados nas pesquisas, determinou-se avanços e facilidades na inicialização do projeto do misturador rotativo “V”.

O misturador rotativo em “V” foi escolhido em base de uma dificuldade para manipular mistura em um laboratório universitário com essa base veio o motivo do projeto, elabora-lo para facilitar às experientes na instituição.

Destinado a rede farmacêutica e universidades como material didático para uso em laboratórios universitários.

METODOLOGIA.

A indústria farmacêutica precisa atender aos requisitos de esterilidade, desinfecção e esterilização para garantir que os ambientes interno e externo sejam adequados para o sistema e os produtos a serem industrializados. A superfície do equipamento deve estar totalmente livre de sulcos, degraus e poros, e deve ser capaz de resistir aos efeitos do processamento dos elementos dos diferentes reagentes químicos utilizados em cada medicamento produzido.

A norma regulamentadora NR-12 e seus anexos definem referências técnicas, princípios básicos e medidas protetivas para garantir a saúde e integridade física dos trabalhadores, e estabelecem requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças ocupacionais nas etapas de projeto e utilização. Diversas máquinas e equipamentos.

Para a seleção dos materiais utilizados na fabricação dos equipamentos, a norma ASME BPEa-2000 recomenda o uso de aço inoxidável Tp 316, Tp 316L ou outros aços inoxidáveis de grau superior (COSENTINO; BERNASCONI, 2014).

A ASTM define claramente quais materiais devem ser usados em fábricas farmacêuticas por meio da norma da "Parte 1-Produtos de Aço-Volume 01-Tubos de Aço, Tubos, Conexões". ASTM A 270:

Esta especificação cobre os graus de tubos soldados ou sem costura feitos de aço autêntico projetados para uso na indústria alimentícia. A qualidade do medicamento pode ser solicitada como requisito complementar.

O misturador de alta eficiência em V é uma máquina nova, projetada para atingir todos os movimentos necessários para a mistura perfeita no menor tempo possível. O misturador de homogeneizador de sólido em V é um misturador com três tipos de movimento de partícula durante o processo de mistura.

Movimento convectivo, onde grupos de partículas que se movem e tendem a deslocar em blocos por toda a mistura.

A difusão ou dispersão conforme os movimentos e o grau que as partículas atingem, assim elas se separam da mistura.

E o movimento de cisalhamento das partículas dentro de um grupo que se movimentam mais lentamente.

Dentre vários misturadores no mercado, existe o misturador em V, que consiste de duas câmaras cilíndricas montadas em ângulos sobre um eixo horizontal, fixados sobre dois mancais, onde esse misturador tem uma grande vantagem pelo seu movimento, já que esse misturador tem essa técnica de mistura de tombamento dos materiais que estão nos cilindros para produzir a homogeneização.

Será feita toda a automatização do misturador rotativo em “V” para que não haja mais nenhum trabalho manual da questão de misturar.

Com o processo de automatização já concluído, o operador terá uma praticidade para operar a máquina, uma segurança a mais e também para a mistura, não havendo contaminação durante o processo e o aumento na produção.

A estrutura é composta por tubo quadrado de aço inox AISI 304 20x20 com parede de 1,5mm e pela chapa 3/16 polegadas de Aço inox AISI 304 dimensionados de acordo com a necessidade específica.

Vai ser usado dois mancais em cada lado da estrutura, que é toda de aço inoxidável 304. Esse mancal de $\frac{3}{4}$, são fixados nos quatro lado da chapa de 5mm, obtendo uma estabilidade melhor. Esse modelo é o mais comum dos rolamentos, mas optamos por ele, pelo designer da estrutura. Os mancais de contato com rolamento são utilizados para descrever aquela classe de mancal na qual a carga principal é transferida por elementos em contato com o rolamento, que no caso desse projeto o peso ficara no eixo central que é fixado no V.

A estrutura cilíndrica em V é formada por um tubo cilíndrico de 4 polegadas com parede de 1,5mm para a fixação do cilindro no eixo que foi utilizado tubo $\frac{3}{4}$ polegadas com parede de 1,5mm dimensionado e cortado nas medidas específicas.

O cilindro em V, tem um ângulo 56° , que por ser um misturador menor, ele consegue atingir todo o processo da mistura homogênea. Esse procedimento, acontece quando o material se encontra repetitivamente dentro do cilindro. O tamanho do misturador, não altera nada.

A tampa de vedação superior do cilindro vai ser fechada de modo travamento, junto com anéis orings de vedação e terá uma chapa de fixação para que não saia nenhum material durante o processo de fabricação ou demonstração do misturador, a tampa será apertada manualmente por manipulas. O detalhe desse

aperto é o travamento rápido, que facilita o aperto para o operador, que é diferente dos outros tipos de misturadores, já na intenção de facilitar e o custo benefício.

A tampa inferior terá o mesmo sistema da tampa superior, uma tampa de travamento rápido com deslocamento lateral para a liberação do material misturado, um sistema que não vai ter desperdício de resíduos no momento de retirada da matéria prima processada. Esse modelo de tampa, terá um parafuso para o aperto, quando desapertado a tampa se deslocará abrindo uma tampa que se movimenta para o lado, caindo o material no béquer.

Foi projetado um suporte de fixação do motor utilizado pela máquina para o processo de mistura que é composto por uma chapa de 3/16 polegadas, onde o movimento da estrutura em V é feito por acoplamento macho e fêmea que vai ser fixado no motor de passo, onde foram usinados junções de alumínio no diâmetro de $\frac{3}{4}$.

A estrutura do painel de instrumento é composta por uma chapa de 3mm dobrada, onde ficará o motor de passo e os componentes elétricos para o funcionamento da máquina, foi usado uma chapa de 3mm para a proteção do painel de instrumento.

Foi fixada uma barra de inox na lateral da máquina para uma segurança a mais do operador, com risco de acidentes na hora que a máquina estiver em uso.

É um tubo de inox de 9,50mm de diâmetro que ficará fixado na frente do misturador fazendo a proteção no momento da mistura, que é uma norma de proteção durante o processo.

O cilindro foi fabricado de Aço inoxidável AISI 304 para que não ocorra nenhum tipo de contaminação.

Esse misturador foi projetado em uma escala menor do que os outros tipos de misturadores do mercado, portanto o seu deslocamento, a limpeza será mais fácil pelo seu tamanho.

O projeto foi desenvolvido no software SolidWorks 2018 com base na construção de um misturador rotativo em "V" de bancada e seus componentes para a automação, conforme a Figura 1.

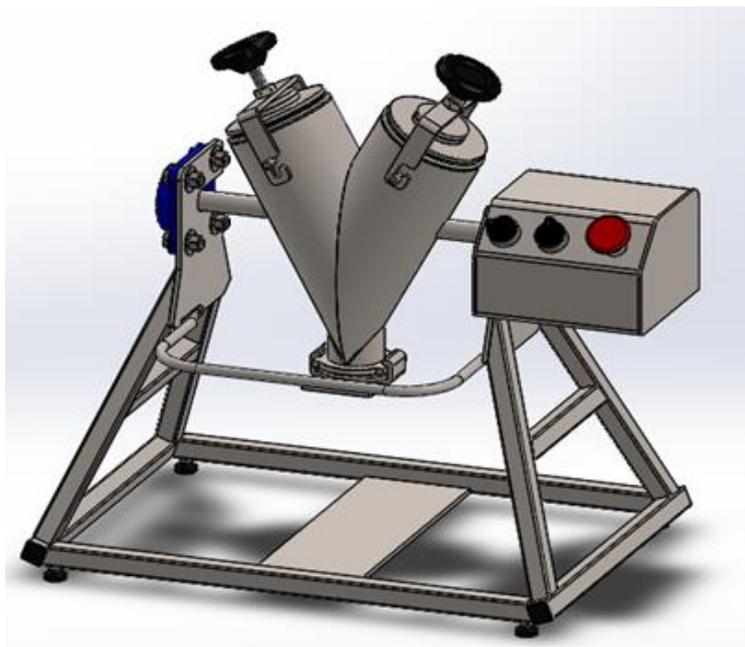


Figura 1–Misturador rotativo em “V”.

Fonte: Autores.

A estrutura em si foi projetada para suportar todos os componentes, inclusive o material que será introduzido no cilindro do “V”, garantindo uma estabilidade e segurança e um alto desempenho na hora do funcionamento.

Como a ideia é retirar o trabalho manual e automatizar o processo de mistura, utilizamos um motor de passo que fará o trabalho manual, seguindo de um sistema elétrico, basta o operador acrescentar a mistura no cilindro “V” que fica fixado em um eixo horizontal apoiado por dois mancais verticais e apertar o botão ligar, o processo de mistura se iniciará, dado o tempo da mistura basta apertar o botão de desligar.



Figura 2- Sistema elétrico e componentes.

Fonte: Autores.

Foi usado um DRIVE HY-DIV268N -5, esse drive suporta motor de passo de 2 a 4 fases que é o ideal para o sistema desse projeto.

O componente principal da placa Arduino UNO é o microcontrolador ATMEL ATMEGA 328 de 5 V.

Usamos um motor de passo de 15kgf, programado pelos componentes elétricos para a realização do trabalho de mistura. No projeto, esse motor de passo vai fazer a função do moto redutor que é usado nos outros modelos de misturador, que devido ao seu tamanho o motor de passo seria o ideal para a movimentação do misturador.

A fonte chaveada estabiliza a alimentação eletrônica, através do chaveamento onde controla a corrente afim de estabilizar a tensão de saída que possui uma função de proteção a curto-circuito e superaquecimento, além de possuir contra interferências, essa fonte possui como característica uma potência de 60W, uma amperagem de 5A, frequência de 50/60Hz e uma tensão de 127/220v.

O botão de emergência instalado na máquina ocupa a função de cortar a alimentação do circuito, caso haja algum imprevisto ou risco durante o processo.

A chave seletora, funciona como uma chave de liga e desliga (manual/automático), foi usado 2 unidades no sistema

Uma chave seletora energiza o sistema e a outra o sistema para o processo da mistura.

O *plug* macho instalado alimenta o sistema inteiro composto por dois polos e um terra.

No projeto, através do sistema elétrico que foi implantado no misturador rotativo em “V” já é dispensável o trabalho manual. Livre de contaminações que poderiam ocorrer, e pela agilidade e eficiência que será misturada.

Para o processo de mistura no projeto, o farmacêutico deve inserir a máquina na tomada, em seguida abrir a tampa da batedeira e colocar os ingredientes calculados, observe que a quantidade de ingredientes será suficiente para atender a sua necessidade de quantidade de ingredientes. Atenção especial deve ser dada para que os comprimidos não excedam o peso de mistura especificado. Após a conclusão, a tampa aberta deve ser fechada ao colocar os ingredientes.

Após fechar a tampa e lacrar, na máquina, o farmacêutico deve apertar o botão, e o V onde a mistura está localizada girará 360 ° por 20 minutos. Ao final desse processo, o farmacêutico deve aguardar até que o V pare completamente para que possa preparar.

Quando a V estiver completamente parada, o farmacêutico deverá retirar o bastão de proteção contra acidentes e inserir o recipiente sob V. Após a conclusão, basta retirar a tampa inferior, e a mistura cairá no recipiente introduzido pelo farmacêutico para confirmação da mistura. Ele está homogêneo e pronto para continuar o processo, após a remoção completa da mistura em V, deve ser fechada e a haste protetora recolocada.

Se o farmacêutico ainda quiser usar o mesmo misturador de antes, basta repetir o processo de enchimento V e continuar trabalhando; se quiser trocar a mistura, retire o misturador da tomada e limpe bem a área de mistura, em V e na mistura anterior no caso de todas as posições de contato, tipo, V, tampa, tampa para retirar a mistura e no mesmo caso, recipiente para retirar a mistura do V, o processo é realizado pelo farmacêutico. Pode-se continuar usando o novo A mistura não será contaminada.

Em caso de emergência ou caso o farmacêutico encontre algum erro, pressione o botão de emergência localizado e orientado pela NBR 1089, que interromperá imediatamente o processo de mistura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica dos tipos de misturadores existentes no mercado para melhor iniciar a pesquisa. Paralelamente, foi realizada a preparação dos materiais e a montagem dos itens de pesquisa, desenvolvendo-se pequenos equipamentos para o ensino da pesquisa.

Este é um projeto original, pesquisado em teoria. Sob essa premissa, um método foi posteriormente estabelecido para distinguir e sequenciar atividades (incluindo a montagem do sistema) e manter o modo original do misturador rotativo em forma de V.

Alguns aspectos operacionais e de projeto importantes foram verificados para nortear a pesquisa, mostrando o quão promissora a tecnologia proposta é para o aprimoramento da organização. Portanto, em comparação com os sistemas convencionais, este sistema de processamento apresenta algumas vantagens e vem sendo desenvolvido, alguns exemplos como;

- Composto por dois cilindros de 4 polegadas de diâmetro, com dois bicos e uma placa para esmagar as partículas de poeira, e uma saída na extremidade do cilindro para a retirada de materiais.

- O projeto é de pequena escala e tem as vantagens de misturadores móveis e móveis, tendo sido considerada a manutenção preventiva e fácil manuseio, os cilindros com materiais descartados são fáceis de remover da estrutura e mancais.

- O design do misturador é simples e compacto, o que reduz o custo de fabricação e manutenção.

- O sistema desenvolvido é um projeto de bancada, portanto deve manter o padrão, devendo rodar em menor velocidade para garantir a segurança e qualidade do produto no cilindro. Ele utiliza um motor de passo de 15kgf com velocidade de 20 rpm. De acordo com o tamanho do misturador, optamos por utilizar este motor de passo, que vai caber em todo o processo e no peso do projeto.

Dentre os diversos tipos de misturadores existentes, o misturador tipo "V" é composto por duas cavidades cilíndricas montadas em um cilindro em um determinado ângulo na direção horizontal e fixadas em dois rolamentos, sendo esse tipo de misturador eficaz na mistura. Apresenta grandes vantagens sobre os outros misturadores, pois o equipamento utiliza tecnologia de despejo de material para

homogeneização. A principal razão pela qual este tipo de misturador tem lugar no mercado industrial é que é fácil atingir um determinado grau na movimentação, separando assim as partículas que requerem um movimento diferenciado.

Com a implantação do misturador rotativo em “V” (Figura 3) a sua mistura chega a ser homogeneia em menos tempo do que os misturadores manuais, correndo menos risco de contaminação que o processo manual e também o operador se sente mais tranquilo no seu local de trabalho sabendo que sua mistura estará sempre protegida e livre de imprevistos. Obteve-se também um aumento na produção, facilidade no seu manuseio, leve para ser transportado e o mais importante, livre de contaminações.



Figura 3 – Protótipo do misturador rotativo em “V”. Fonte: autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Hoje em dia, os requisitos para inovação são cada vez maiores, mas sob outra perspectiva, ela precisa seguir todos os padrões e especificações que serão estabelecidos ou aprimorados.

A importância de ter um misturador de qualidade é muito grande, porque é através dele que será feito todo o processo de homogeneização das misturas e o mais importante, ficará livre de contaminações, pois ele segue todos os padrões e normas especificadas. Não vendo equipamentos de mistura para as áreas de farmácia, instituições e cursos pelo preço elevado, esse projeto é justamente para suprir essas necessidades.

Todas as ideias que foram levantadas no começo do projeto foram realizadas, com muitos imprevistos e dificuldades, enfim conclui-se que é uma máquina muito eficiente.

Com a implementação do projeto, o tempo de mistura será muito reduzido, o grau de mistura será muito reduzido e a homogeneidade da mistura será muito melhorada durante a mistura manual. Para trabalhadores que mostram segurança, a segurança será maior e o aumento na produção será mais Grande. Para reduzir custos, será uma máquina totalmente acessível, portanto, além de ser totalmente prática, também pode atender a todos que dela necessitarem.

REFERÊNCIAS.

ALWIS. **Catálogos Misturadores.** Disponível em: <<http://www.alwis.com.br/>> . Acesso em 07 de Março de 2019.

Guia trabalhista, NR-12 Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos., 1978. Disponível em <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr12.htm>>, acessado em 02 de maio de 2019.

HIBBELER, Russel C. **Resistência dos materiais.** 7ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

NIEMANN, G. **Elementos de máquinas.** Editorial Labor. A, 1973.

NORTON, Robert. **Projeto de máquinas.** 4ª edição, 2013.

Projeto e Construção de um Kart Cross

Project and Construction of a Kart Cross

Caio Rafael de Almeida Canhada¹

Claudio Marins de Souza Junior¹

Guilherme Motta da Conceição¹

Rodrigo Arias da Silva¹

Prof. Me. Fernando Gabriel Eguia Pereira Soares²

Resumo

O presente trabalho aborda as etapas utilizadas na elaboração de um Projeto e Construção de um Kart-Cross, descrevendo os aspectos de construção e funcionamento de um veículo off-road, trazendo informações, desenvolvimento de componentes, pesquisas e diversos temas relacionados à dinâmica veicular. Para isso, tudo foi projetado para funcionar bem em conjunto, começando pelo chassi, elemento responsável por dar suporte a todos os outros componentes e sistemas do veículo, e chegando até sistemas como o de powertrain, freios, direção suspensão e etc. Tendo como ponto de partida um trabalho desenvolvido em anos anteriores e que não se mostrou satisfatório, o grupo buscou trazer melhorias que deixassem o projeto mais robusto e agradável. Tudo isso com o fundamental auxílio do software Inventor que possibilitou através de simulações, visualizar o projeto de maneira clara e corrigindo pontos antes mesmos de iniciada a montagem.

Palavras-Chave: Veículo, Projeto de Construção, Kart-Cross.

Abstract

The present paper addresses the steps used in the elaboration of a Project and Construction of a Kart-Cross, describing the aspects of construction and operation of an off-road vehicle, bringing information, component development, research and several themes related to vehicle dynamics. For this, everything was designed to work well together, starting with the chassis, the element responsible for supporting

¹ Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba - SP

² Engenheiro Mecânico, Mestre em educação pela UCDB e Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP e orientador do presente trabalho de conclusão de curso

all other components and systems of the vehicle, and even systems like the powertrain, brakes, suspension steering, etc. Taking as a starting point a work developed in previous years and which was not satisfactory, the group sought to bring improvements that would make the project more robust and pleasant.

Keywords: Vehicle, Construction Project, Kart-Cross.

Introdução

A evolução da engenharia no que se refere a construção de veículos desde seu início até os dias de hoje é notória e fascinante. A princípio quando começaram a se difundir, na época das revoluções industriais os projetistas e montadoras se preocupavam somente em atender a demanda dos carros utilizados para passeio e, principalmente, trabalho. Com o passar dos anos o foco se manteve em atender as já citadas maiores demandas de mercado, porém começaram a surgir outras vertentes, visto que passou-se a perceber que os veículos poderiam ser utilizados não somente para transportar pessoas ou objetos de um lugar para o outro, mas também serviriam como instrumentos de lazer e até mesmo competição.

Tratando especificamente dos *off-roads*, no Brasil, eles iniciaram sua história nos anos 80, com o movimento dos aficionados pelos conhecidos veículos fora de estrada, especialmente no sudeste do país, que resultou na fundação do Jeep Clube do Brasil, entidade responsável pelas grandes competições e eventos em diversos estados brasileiros, particularmente o Rally dos Sertões, que conta com vários modelos desse seguimento.

Foi com o intuito de construir algo inspirado nesses veículos *off-roads* que o grupo resolveu dar início ao projeto de construção do *Kart Cross*. Partindo do princípio de que já havia sido construído um veículo em outra disciplina, porém que o mesmo não havia apresentado resultados satisfatórios. Então, foram levantados os principais pontos de mudança para dar início ao projeto, pontos esses que giram em torno da grande maioria dos itens, como: chassi, suspensão, direção, sistema elétrico, entre outros. O resultado final está apresentado na Figura 1.



Figura 1 - Montagem completa do veículo no Inventor. Fonte: Autores.

Materiais e métodos

Para dar início à montagem do projeto, foi necessário entender o que não havia funcionado bem no primeiro veículo, para então através de pesquisas e do auxílio do software Inventor, desenvolver os esboços de onde partiriam a construção. Sempre levando em consideração para a escolha dos materiais o custo-benefício e o acesso que o grupo teria a determinado componente.

Segundo Shigley (2005), projetar é formular um plano para satisfazer uma necessidade específica ou para resolver um problema. Se esse plano resulta de criação de algo físico, então este algo, considerado um produto, deve ser funcional, seguro, confiável, competitivo, utilizável, manufaturável e comercializável.

Shigley (ibidem), também comenta que o processo de criação de um projeto, deve seguir determinadas etapas, afim de que se mantenha uma linha lógica de criação de um projeto, dependendo da natureza do projeto, desde a identificação da necessidade, passando pelas análises e otimizações, até o produto final. Assim, as etapas a serem seguidas, vem buscar opções para solução do problema e dentre elas,

a melhor opção

Funcionamento:

O veículo funciona como outro qualquer, talvez sua maior diferença em relação a maneira de pilotar está nas trocas de marcha, que por utilizar motor e câmbio de motocicleta, faz com que as trocas sejam feitas de maneira linear (1-N-2-3-4-5) com mudanças através da alavanca somente movimentando-a para frente e para traz.

O restante com comandos permanecem os mesmos dos convencionais, como volante, botão de partida e pedais de acelerador, freio e embreagem.

Sobre a parte mecânica, seu funcionamento relacionado ao movimento baseia-se no torque entregue pelo motor ao pinhão, que o transfere para a coroa através de corrente, fazendo com que a relação entre eles diminua a velocidade angular e aumente o torque. A coroa por estar conectada aos semieixos transfere o movimento para os cubos e, por consequência para as rodas.

Já a parte que controla a direção é feita através do movimento de giro do volante que permanece conectado à coluna de direção transferindo o movimento para a caixa de direção, esse componente converte o movimento circular em movimento linear que, através das barras e pivôs, controlam a direção que o pneu adotará.

Características gerais do veículo:

Quando se trata de um veículo, suas características principalmente dimensionais, são de total importância para entender sua aplicação e como o mesmo irá se comportar em relação à dinâmica.

Dentre as principais dimensões que podem ser citadas estão:

- **Bitola:** As bitolas devem ter dimensões coerentes com a distância entre eixos para prover boa estabilidade, equilíbrio dinâmico, espaço interno e boa distribuição de peso. Além disso, um design bonito depende de proporções harmoniosas entre comprimento, largura e altura e unindo o belo ao funcional. Naturalmente, bitolas mais largas melhoram a estabilidade, logo, a escolha por uma dimensão maior, se faz

necessária, considerando a aplicação em que o veículo será submetido.

- Comprimento entre eixos: A distância entre os eixos é a distância entre os centros das rodas dianteira e traseira. Geralmente, quanto maior a distância, maior será o conforto no interior do veículo. Isto explica o fato de carros maiores possuírem mais conforto e também mais espaço interno em relação aos carros menores. Entre eixos menores principalmente em carros de competição tem o intuito de melhorar a agilidade e estabilidade dos mesmos. Pensando nisso, elaboramos um projeto com a distância entre eixos o mais otimizada possível, quase que, com as mesmas dimensões da bitola.

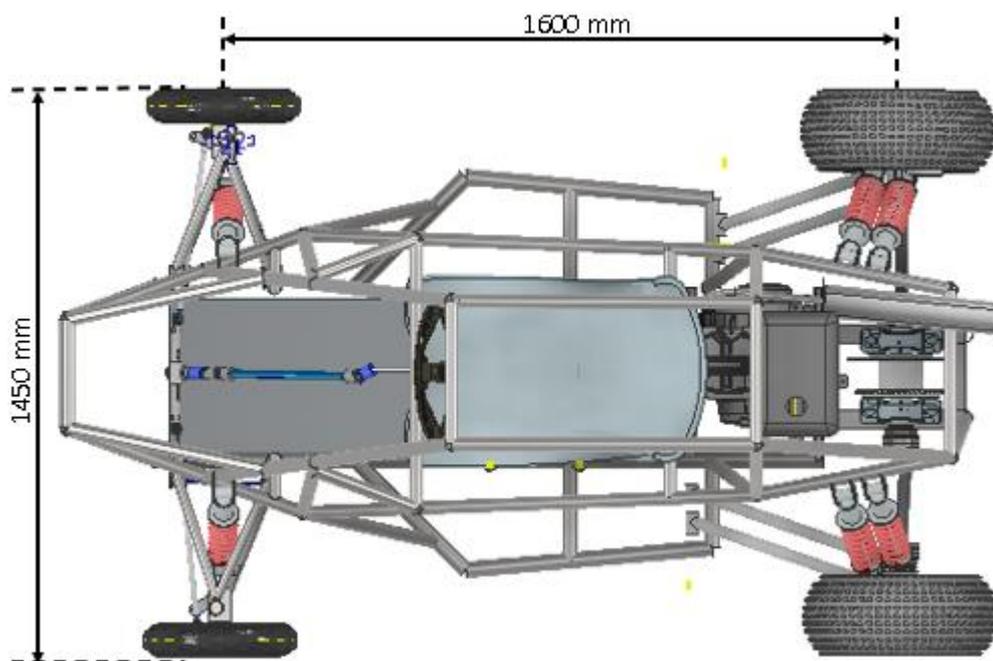


Figura 2 - Dimensões de bitola e entre eixos. Fonte: Autores.

- Altura em relação ao solo: Quando se trata de um veículo destinado ao uso off-road, a altura em relação ao solo se faz muito importante, visto que terrenos fora de estrada estão propícios aos mais diversos tipos de irregularidades. O ângulo de ataque também é importante pois é ele que define a máxima altura que um obstáculo deve possuir para que seja possível vencê-lo.

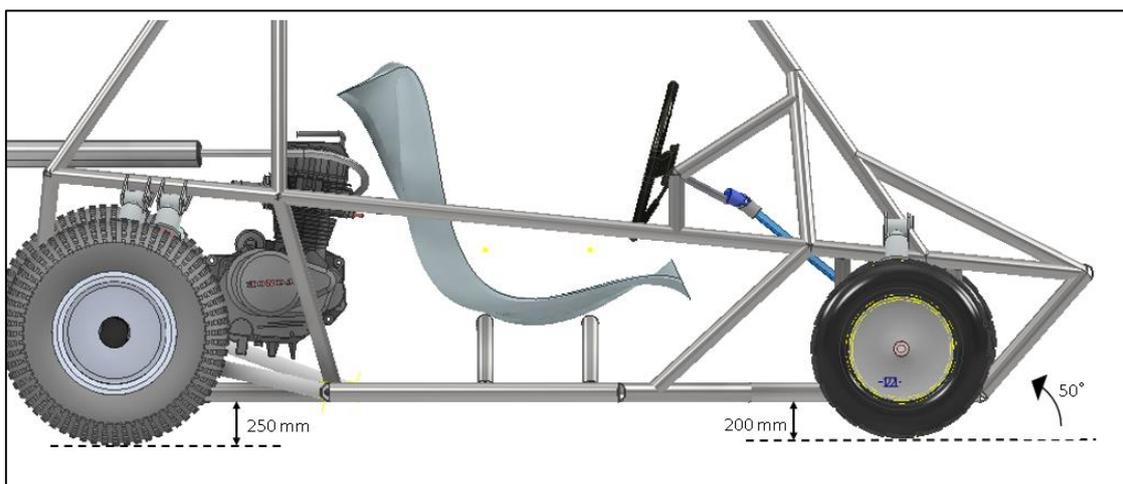


Figura 3 - Dimensões de altura e ângulo de ataque. Fonte: Autores.

Ainda com foco nas características, o peso talvez seja o principal ponto a ser levado em consideração no projeto, eliminando o peso do acupante, de tanque cheio e com o nível de óleo especificado pelo fabricante do motor, o veículo apresenta uma massa de 102,4KG sendo distribuídos 65% na parte traseira e 35% na dianteira, o que ajuda a melhorar a aderência, já que a maior massa está concentrada sob o eixo de tração. No passado, acreditava-se que a distribuição de massas perfeita seria de 50:50 entre dianteira e traseira e 50:50 entre o lado esquerdo e direito do veículo. Em suma, o mesmo peso em cada roda. Hoje em dia, sabe-se que esta configuração não é ideal para a maioria dos veículos.

Sobre o consumo de combustível, após realizado alguns testes, em condições normais de uso em terreno arenoso, chegou-se a um resultado de 16,4 Km/l, sabendo que o tanque tem capacidade de 6 litros, conclui-se que a autonomia do veículo é de 98,4Km, o que pode ser considerado alto, por se tratar de um veículo de lazer.

Destaca-se que o chassi foi projetado seguindo características próprias para facilitar a instalação de cada componente, especialmente o motor Honda de 150cc com troca de marcha por meio de alavanca e o sistema de transmissão responsáveis em projetar torque para movimentar a estrutura

O Sistema de freio foi utilizado o da motocicleta Honda 150cc, no qual, foi fixado na parte central traseira ao lado da coroa, o disco possui pinça acionada de maneira hidráulica, que quando ativado, freia as duas rodas traseiras ao mesmo tempo, desacelerando o veículo uniformemente se comparados os lados.

Cada lado da suspensão traseira recebeu dois amortecedores em paralelo, constituindo um sistema independente, oferecendo ao condutor mais conforto, melhor dinâmica e robustez, já a parte dianteira, conta com o sistema de duplo "A", que oferece uma melhor regulagem e uma direção mais segura e eficiente, mantendo o ângulo de câmbor do pneus sempre perpendiculares ao solo.

Falando ainda sobre a direção foram seguidas no projeto as regras presentes no sistema geométrico de Ackerman que se trata de um conjunto geométrico do sistema de direção criado para compensar a diferença entre os arcos gerados pela roda interna e externa à uma curva. Sabendo que os arcos das rodas no momento da curva são concêntricos, mas de raios diferentes, implica-se em ângulos de esterçamentos diferentes, caso a geometria não seja obedecida os pneus entrarão em conflito contribuindo com instabilidade e desgaste primitivo.

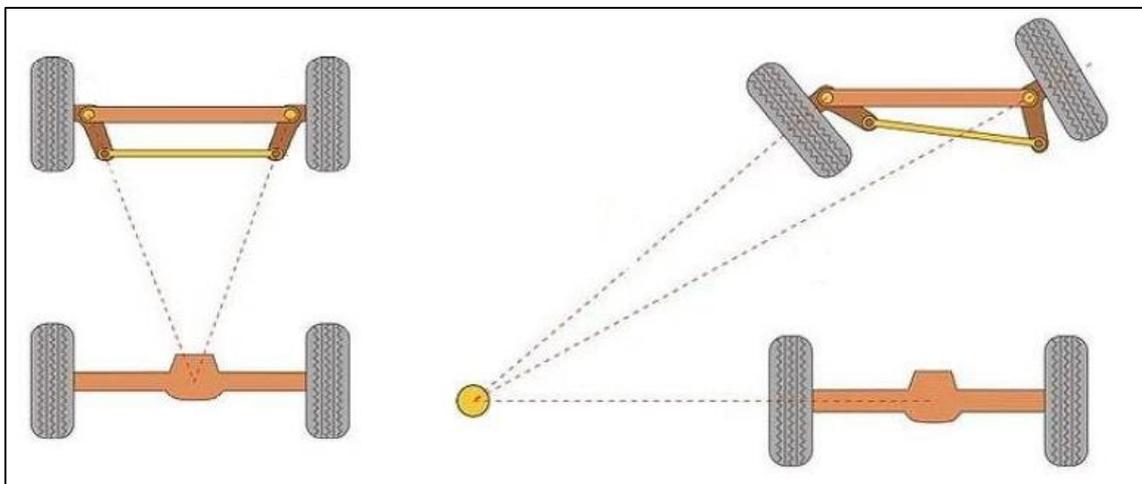


Figura 4 - Projeção de funcionamento da geometria de Ackerman.

Fonte: Paulo Costa - 2002.

Por fim, os demais componentes do veículo foram projetados e escolhidos a fim de entregarem suas funções da maneira mais segura, eficiente e otimizada possível. Tudo isso tendo como um custo de algo em torno de R\$ 6.500,00.

Considerações finais:

Para o que foi inicialmente proposto, pode-se considerar que as os objetivos foram atingidos, alguns de maneira à superar as expectativas, outros apresentando problemas ao decorrer do percurso, mas que no geral, fazem com que seja satisfatória a maneira com que o projeto foi elaborado.

Sempre existem pontos a melhorar, entre eles podemos destacar o espaço interno para o ocupante, visto que o chassi, por ter sofrido adaptações, teve seu habitáculo comprometido, e também a altura em relação ao solo, que na visão dos integrantes do grupo poderia ser maior.

Porém, o grande diferencial do projeto é o prazer que o mesmo proporciona ao seu ocupante, sem deixar de ser seguro, ele oferece uma adrenalina que faz qualquer um se interessar por seu funcionamento e características. Mediante a isso, os autores foram incentivados a buscar conhecimento utilizando conceitos vistos ao longo da formação a fim de buscar constante evolução ao projeto.

Bibliografia:

AGUIAR, Gabriel. **Domamos o UTV com motor 1.0 que anda mais rápido que um Porsche.** Publicado em 04 de setembro de 2020. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/testes/domamos-o-utv-com-motor-1-0-que-anda-mais-rapido-que-um-porsche/>>. Acesso em: 22 set. 2020.

ANDRADE, Guilherme O. **Dimensionamento geométrico e análise elastocinemática de suspensão automotiva do tipo Duplo A.** Trabalho de conclusão de curso de graduação em engenharia automotiva da Universidade de Brasília. Brasília, dezembro de 2013. Disponível em: <<https://fga.unb.br/automotiva/tcc/201302/dimensionamento-geometrico-e->

[analise-elastocinematica-de-suspensao-automotiva-do-tipo-duplo-a](#)>. Acesso em: 16 ago. 2020.

BAKER, C. S. **FoES Fórmula SAE-A Design do chassi do quadro espacial “SpaceFrame”**. Tese de Bacharelado pela Universidade do Sul de Queensland - Faculdade de Engenharia e Topografia, Southern Queensland. 2004.

BASTOW, Donald. **Suspensão e manuseio de automóveis**. 4ª. edição. PA, Society of Automotive Engineers Inc. USA, janeiro de 2004.

BUDYNAS, Richard; NISBETT, J. Keith. **Elementos de máquina de Shigley**. Recurso eletrônico: projeto de engenharia mecânica. Tradução técnica João Batista de Aguiar e José Manoel de Aguiar. 8ª ed. Dados eletrônicos. Porto Alegre: AMGH, 2011.

COSTA, Lucas Lopes. **Avaliação da microestrutura e propriedades mecânicas de soldas tig autógenas em fitas de aço inoxidável duplex UNS S 32205**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes – RJ, 2018.

COSTA. Paulo G. **A bíblia do carro**. 2001-2002. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/18240596/biblia-do-carro-paulo-g-costa-livro-completo>. Acesso em: 16 set. 2020.

DUARTE, Rafael. S. **Estudo da Aplicação de Tecnologias Interativas para Customização em Massa na Indústria Automotiva**. 2014. 254 f. Dissertação do Curso de Pós-Graduação pela Escola de Engenharia Programa Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2014. Disponível em: <<http://www.pgdesign.ufrgs.br/publicacoes/>>. Acesso em: 23 set. 2020.

EEEP – Escola Estadual de Educação Profissional do Estado do Ceará. **Curso Técnico de Manutenção Automotiva**. 2013. Disponível em: <https://educacaoprofissional.seduc.ce.gov.br/images/material_didatico/manutencao_automotiva/manutencao_automotiva_sistema_de_transmissao_mecanica.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2020.

FURTADO, Daniel Canongia. **Análise Estrutural de Chassi de Veículos Automotivos**. Dissertação do Curso de Graduação em Engenharia Automotiva pela Universidade de Brasília - UnB. Brasília- DF, dezembro de 2013.

GRAVIA INDÚSTRIA DE PERFILADOS. **Tubo industrial redondo**. Atualizado em 2020. Disponível em:<<https://www.gravia.net.br/lojas/download/pdf-produto/tubo-redondo-gravia.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2020.

HAPPIAN, J.S. **Uma introdução ao design moderno do veículo**. Sociedade Automotiva. Engineers, Inc: ReedEducationaland Professional Publishing, 2002.585p.

JUNQUEIRA, Caio Souza. **Projeto e construção de um dispositivo para medição dos coeficientes de amortecedores automotivo**. Dissertação do Curso de Engenharia Mecânica Pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais, 2018. Disponível em: <https://www.ufjf.br/mecanica/files/2016/07/UFJF_2018_TCC_Caio-Souza-Junqueira.pdf>. Acesso em: 22 set. 2020.m

LARICA, Neville J. **Design de Transportes: Arte em função da mobilidade**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2003.

MARSON, Michel Deliberali. **A evolução da indústria de máquinas e equipamentos no Brasil: Dedini e Romi, entre 1920 e 1960**. Nova econ. vol.24

no.3 Belo Horizonte-MG Sept./Dec. 2014. Disponível em:
https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-63512014000300685. Acesso em: 22 set. 2020.

MENDES, Cauê. **Automóveis demais**. Publicado em 24 de maio de 2009. Disponível em: <http://automoveisdemais.blogspot.com.br/2009/05/o-primeiro-carro-inventado.html>>. Acesso em: 27 set. 2020.

MORALES, Pedro Paulo Galindo. **A contribuição de Henry Ford para a Administração Moderna**. Publicado em 31 de janeiro de 2011. Disponível em: <https://administradores.com.br/artigos/a-contribuicao-de-henry-ford-para-a-administracao-moderna>. Acesso em: 16 out. 2020.

NICOLAZZI, Lauro Cesar. **Introdução à teoria de veículos**. Florianópolis, abril de 2007.

OLIVEIRA, Fernando César Gama de Oliveira. **Contribuição ao desenvolvimento de uma estrutura veicular tipo *SpaceFrame* usando o método dos elementos finitos e métodos heurísticos de otimização numérica**. Dissertação do Curso de Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG, 2007.

OWEN, Richard. **BuidkLeSabre**. Publicado em 2010. Disponível em: <http://www.supercars.net/PicsiewPic=y&source=gal&uID=119513&gID=2364&pID=4&pID=916567&first=true>. Acesso em: 21 out. 2020.

PLANETA OF ROAD. **A história do *Off Road***. Atualizado em 2020. Disponível em: <http://planetaoffroad.com/index.php/historia-do-off-road/>>. Acesso em: 10 out. 2020.

RIBEIRO, Welder Araújo. **Projeto GNU do cerrado *Kart-Cross*: Descrição, ergonomia e análise estrutural**. Dissertação de Engenharia Automotiva pela Universidade de Brasília – UnB, Faculdade UnB Gama – FGA. Brasília – DF, 2014.

SANTANA, Mirian Ilza. **História do automóvel**. Publicado em 2018. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/curiosidades/historia-do-automovel/>>. Acesso em: 11 out. 2020.

SANTANA JUNIOR. Antônio Carlos da Silva. **Técnica e comparativa de caixa de câmbio manual e automática**. Dissertação do Curso de Engenharia Automotiva pela Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville-SC, 2018.

SANTOS, Adriana Borges. **Estudo ergonômico do veículo Baja do Centro Universitário Univates**. Dissertação do Curso de Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Univates, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Lajeado – RS, 2015.

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Noções Básicas de Processos de Soldagem e Corte**. CPM - Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção. Espírito Santo. 1996.

SOUZA, Ten. Cel. M. A. **Chassis: Estudo dos Pneus e Rodas**. Apostila de aula. Instituto Militar de Engenharia, 1990.

USIMINAS - Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. **Chapas de aço**. Publicado em 2020. Disponível em: <<https://www.usiminas.com/wp-content/uploads/2020/01/CAT.-CHAPAS-GROSSAS-PORT v3-1.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

Automação de Hortas Hidropônicas

Automation of Hydroponic Gardens

**Gabriel Lucas
Vitola¹ Rafael
Silva Alves¹
Prof^o Amadeu Zanon Neto²**

Resumo

O presente projeto tem o intento de elaborar um sistema com foco no cultivo de hortas, nos quais tem como objetivo facilitar e otimizar o trabalho humano em empresas ou quaisquer ambientes, sobretudo rurais, haja vista o objetivo de incentivar a cultura, além de facilitar a prática do plantio em áreas reduzidas. Especificamente, pretende-se atender as necessidades do mundo hodierno frente ao impacto da era globalizada, sob o prisma de utilizar a tecnologia ao seu ponto máximo de benefícios e de lucratividade voltada à sociedade. Diante disso, este trabalho reúne leituras relacionadas ao projeto e discute os elementos utilizados no protótipo. Assume-se aqui, portanto, a análise de modelos analíticos aplicados em sistemas de automação desenvolvido para tornar o cultivo e manutenção de hortas hidropônicas mais simples, reduzindo gastos e, portanto, viabilizando o plantio de forma eficiente.

Palavras-chave: Automação, Controle, Eficiência, Horta Hidropônica, Programação.

Abstract

The present project intends to elaborate a system focused on the cultivation of vegetable gardens, in which it aims to facilitate and optimize human work in companies or any environment, especially rural ones, in view of the objective of encouraging culture, in addition to facilitating the practice of planting in small areas. Specifically, it is intended to meet the needs of today's world in the face of the impact of the globalized era, from the perspective of using technology to its maximum benefits and profitability aimed at society. Therefore, this work gathers readings related to the project. Therefore, it is assumed here, the analysis of analytical models applied in automation systems developed to make the cultivation and maintenance of hydroponic gardens simpler, reducing expenses and, therefore, making planting efficient.

Key words: Automation, Control, Efficiency, Hydroponic Garden, Programming.

Introdução

Atualmente a demanda de pessoas que se preocupam com a saúde vem aumentando, uma vez que no contexto contemporâneo recebem constantes informações

Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.9. no. 1, 2020.

sobre os riscos de não terem uma alimentação saudável e, assim, buscar uma melhor alimentação, de forma que uma das escolhas reflitem justamente na origem dos alimentos, influenciando a procura de alimentos orgânicos, entretanto, esses alimentos ainda podem causar risco à saúde, pois são frequentes os usos de pesticidas e agrotóxicos na produção. Uma das alternativas para fugir dos produtos artificiais, então, é o foco do cultivo de alimentos orgânicos, que podem ser cultivados de forma genuína e natural em ambientes controlados, a exemplo de uma estufa, e essa ação promove a sustentabilidade e a qualidade de vida.

Em consonância com a (OMS) Organização Mundial da Saúde, morrem 20 mil pessoas por ano devido ao consumo de agrotóxicos que intoxicam os produtos, e os mais afetados são os agricultores e trabalhadores das indústrias de agrotóxicos, visto que trabalham em exposição e são mais afetados durante a manipulação dos agrotóxicos. Sendo assim, os alimentos naturais cultivados com sistemas hidropônicos passam a ser uma solução eficiente a essa problemática.

Nesse âmbito, o projeto de hidroponia abrange tanto escalas maiores quanto menores, uma vez que a técnica de cultivo sem causar danos ao solo, poderia fazer com que áreas reservadas à agricultura não ferissem tanto o solo, já que esse método de cultivo apenas necessita de água para cultivar a planta e sais minerais. Sob essa perspectiva, a prática aborda diferentes maneiras de produção, tanto de alimentos, florais e frutas em escala comercial quanto de pequenas estufas para cultivo doméstico (DOUGLAS, 1984).

No mercado de produção agrícola, há vários sistemas que focam em pontos específicos para cada tipo de agricultura, no entanto, tais equipamentos são de custos elevados e agricultores de médio e pequeno porte não conseguem financiar esses equipamentos. Pensando nisso, foi desenvolvido a automatização de hortas hidropônicas, que visam controlar as variáveis de temperatura, umidade e PH da água, dentro de uma estufa agrícola.

De acordo com as características da planta, é possível programar o sistema de controladores climáticos dentro da estufa de forma com que incentive o crescimento da planta, além de economizar energia e diminuir o desperdício de água. Outrossim, o sistema hidropônico em estufas é mais vantajoso para os produtores, posto que agiliza o plantio e não é necessário o monitoramento de todo o processo.

Para desenvolver o sistema hidropônico, então, foi indicado o sistema do tipo

(N.F.T) (Nutrient Film Technique – Técnica de Fluxo Laminar) e para o sistema de controle foi selecionado o micro controlador Arduino, e, para facilitar o controle do cultivo na estufa, será proposto a criação de um aplicativo que informe os dados coletados pelo sistema.

Hidroponia

Segundo Gericke (1940), a história foi traçada pela busca de solo fértil. Os homens, então, eram completamente dependentes do solo em prol da sobrevivência. É com esse olhar que no final do século XIX, estudiosos de diversas áreas, sobretudo químicos, deram início às pesquisas e criação de um método alternativo de cultivo. Todavia, considerando as alternativas criadas, a hidroponia obteve um resultado mais satisfatório e que hoje é a maior concorrente da agricultura tradicional.

Consoante com a etimologia, o vocábulo hidroponia tem origem do grego: hydro = água e ponos = trabalho, isto quer dizer trabalho com água, entretanto, é visível que a hidroponia denota o conjunto de técnicas empregadas para cultivar plantas sem o uso do solo, alimentando-as com soluções de água e sais minerais.

Apesar de ser pouco conhecido, essa técnica teve seu apogeu antes do século XX, com contribuições de pesquisas sobre a relevância da matéria mineral para os seres vivos, em específico, as plantas. Sob esse âmbito, William Frederick Gericke foi quem nomeou o termo “hidroponia”, em 1937, para indicar o cultivo de plantas sem o uso do solo, além de que foi o primeiro a testar os conhecimentos em campo, resultando na hidroponia com fins comerciais.

Tal técnica que inovou a área do cultivo está ocupando cada vez mais espaços, considerando as vantagens em relação a outros sistemas, refletindo em benefícios no que concerne o meio ambiente, o produtor, o meio socioeconômico e os consumidores.

Dito isto, a automação seria a solução para diversos problemas do meio rural e para as adversidades em plantações, possibilitando, portanto, o monitoramento em tempo real das variáveis que influenciam no desenvolvimento da planta e outras vantagens que a automação proporciona, a exemplo do aumento da produtividade; reduzir custos do trabalho; minimizar os efeitos da falta de trabalhadores; melhorar a qualidade dos produtos e diminuir o tempo de produção.

Em cadência, ainda ressaltando que a hidroponia é um sistema que propicia ao produtor algumas vantagens se comparadas ao meio tradicional, é pensando na

economia de água e no ciclo obscuro do meio ambiente devido a poluição e diversos fatores que se torna uma alternativa forte e de rápido retorno econômico, com menos riscos devido ao clima. Por essa via, toda planta para o seu desenvolvimento precisa basicamente de água, sol (luz), apoio, ar e nutrientes, é com a hidroponia, então, que proverá todos os elementos, independentes do solo, que, segundo estudos, é a fonte maior de patógenos.

Tipos de Sistemas

A classificação dos tipos de sistemas hidropônicos ocorre por meio da solução nutritiva que pode estar em modo estático ou dinâmica, configurando outro modo de saber se o sistema é aberto ou fechado. Com isso, a UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) através do site LabHidro, define como sistema estático aquele em que a solução nutritiva permanece estática junto ou próxima as raízes, como exemplo de sistema estático tem-se o seguinte sistema:

I. O Sistema de Pavio é utilizado em vasos decorativos, sendo um dos sistemas mais simples dos que serão apresentados neste artigo, seu funcionamento se dá por um pequeno reservatório contendo a solução, ambos interligados por um pavio, no qual a solução passará até a raiz da planta.

Os sistemas a seguir são todos do tipo dinâmico, ou seja, são aqueles em que existem a circulação forçada da água ou do ar no caso de aeração da solução.

II. Sistema *Floating* ou sistema flutuante, esse tipo representa as plantas que ficam suspensas em um tanque/placa em contato com a solução nutritiva.

III. Sistema de Subirrigação, este sistema conta com uma irrigação junto a zona radicular, feita de baixo para cima e de tempos em tempos, uma vez que a umidade atinge as raízes das plantas por meio da ascensão capilar.

IV. Sistema de Gotejamento, as plantas são irrigadas com o auxílio de gotejadores que ficam na superfície do substrato, é uma técnica criada em Israel que visa à economia de recursos hídricos e de adubo.

V. Sistema Aeropônico, utiliza-se uma tecnologia que exige maior investimento, dado que é um sistema mais avançado que os demais, pois apresentam a solução nutritiva e nebulizada na câmara escura, as quais as raízes estão suspensas e expostas ao ar interno.

VI. Sistema NFT, este é um dos mais utilizados no Brasil e no mundo, sendo o escolhido para este projeto, e operado em perfis hidropônicos ou canos de PVC, as raízes das plantas ficam em contato com a solução nutritiva, o manejo do sistema é bastante simplificado facilitando assim a troca da solução e a desinfecção dos canos. Essa solução nutritiva fica armazenada em reservatórios com motores que bombeiam essa solução para a parte interna desses perfis hidropônicos. Após entrarem em contato com as raízes das plantas, a solução nutritiva retorna ao reservatório.

Materiais e métodos

Na primeira fase do projeto o primeiro passo desenvolvido foi um esboço do protótipo a ser executado, em que ficou definido os principais materiais e modelos para a elaboração do desígnio.

O sistema desenvolvido é composto pelos seguintes processos: aquisição de dados, processamento e apresentação dos dados ao usuário. A aquisição de dados será realizada pelo sistema eletrônico em conjunto com os atuadores, sendo um dependente do outro para o bom funcionamento.

Em primeiro plano, pesquisou-se as características de plantas cultivadas em hidroponia, verificando que a solução está de 18°C a 24°C no verão e 10°C a 16°C no inverno. Dessa forma, a temperatura não deve ultrapassar 30°C, faz-se imprescindível destacar que, temperaturas acima ou abaixo dos limites apresentados acarreta em prejuízos às plantas, uma vez que, consoante aos estudos da botânica, elas têm dificuldade em absorver nutrientes em temperaturas extremas. Dado o exposto, o sensor de umidade DHT11 será o responsável para enviar informações acerca da temperatura e a umidade do ambiente, sendo conectado ao Arduino.

Em continuidade, para a automatização da estufa, este trabalho utilizará sensores para melhor eficiência e praticidade, por exemplo, a fim de verificar a acidez da solução da água no processo de hidroponia, deve-se utilizar um sensor de pH, no caso, Módulo Sensor + pH Eletrodo Sonda Bnc. Este sensor é indicado com o propósito de analisar os níveis de pH dentro de escalas seguras, permitindo proporções aceitáveis para seres humanos e plantas. Para o cultivo hidropônico, o ideal padrão do pH está entre 5,5 e 6,5, haja vista que as plantas têm seu desenvolvimento dentro dessa faixa.

Por essa razão, frequentemente, após completar o volume da solução com água o pH da solução deve ser medido, para que ocorra um processo de absorção de micro e

macro nutrientes pelas raízes das plantas, assim como nitrogênio, fósforo e potássio. As variações de pH são reflexos da absorção diferenciada de cátions e ânions, já que a absorção de nutrientes pelos organismos, isto é, as plantas cultivadas, são seletivas em função da espécie e cultivar (INFORME AGROPECUÁRIO, 1999).

As variações de pH que ocorrem na solução nutritiva são reflexos da absorção diferenciada de cátions e ânions, considerando que a absorção de nutrientes pelas plantas é seletiva em função da espécie e cultivar, a reposição dos nutrientes durante o desenvolvimento das plantas, sem afetar o balanço entre as suas concentrações na solução nutritiva, é o maior desafio dos produtores hidropônicos (INFORME AGROPECUÁRIO, 1999).

Conforme o Núcleo Brasileiro Hidroponia Integrada (2013), para que haja o desenvolvimento da planta é necessário ter a presença de 16 elementos, que são divididos em duas categorias, o primeiro caracteriza-se pelos elementos orgânicos, que são o oxigênio, hidrogênio e o carbono. Já o segundo elemento são os minerais: nitrogênio, potássio, enxofre, cálcio, fósforo, magnésio, manganês, ferro, zinco, boro, cobre, molibdênio e cloro. Furlani et al (2009) afirma que há elementos químicos que são considerados benéficos ao crescimento das plantas.

O Arduino é o que denomina-se sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software (McRoberts, 2011). A programação do sistema, então, será realizada com placa Arduino Mega, que será programado para direcionar outros componentes ademais, tem como uma de suas funções o controle da bomba d'água. Além disso, possui várias facilidades para se comunicar com um computador, com outro Arduino ou outro microcontrolador.

O Arduino Mega 2560 é uma placa baseada no microcontrolador ATMEGA2560, que possui um oscilador de cristal de 16 MHz e 54 pinos de entrada, contendo, neste viés, 16 entradas analógicas e 4 portas de comunicação serial, por esse fato e também por ter uma maior capacidade de memória do que se comparado ao Arduino Uno, foi a escolha para compor os elementos do projeto. Vale acrescentar que ele é alimentado tanto via USB quanto via conector *jack*, variando, assim, em uma tensão de 6v a 20v.

Para que todo sensoriamento possa ser visualizado, isto é, níveis, temperatura, falhas no sistema, umidade e entre outros, será utilizado o Display LCD 16x2 (16 colunas e 2 linhas) (Figura 4), com intuito de visualizar toda e qualquer informação em tempo real. O *Liquid Crystal Display* é tipicamente empregado em calculadoras, contudo, há uma

lista extensa de recursos que este pode ser empregado, devido aos códigos disponíveis em bibliotecas para LCDs (McRoberts, 2011).

O cultivo de hortas hidropônicas envolve, pois, o uso de tecnologia que, hodiernamente, é uma questão que envolve diversos componentes em sua automação. A cultura hidropônica carece de funcionamentos com excelência. A agricultura de precisão (doravante AP), trouxe consigo um grande avanço tecnológico com um maior número de sensores que são empregados nas mais diversas situações, desde tratores ao controle de umidade, além de sistemas de gerenciamento de informações e outras novidades. Sob essa perspectiva, neste escopo foi-se empregado o Módulo Relé, uma chave eletromecânica que liga ou desliga algo ao ser submetido a uma determinada tensão, assim, por meio das saídas digitais pode-se controlar cargas mais elevadas, portanto, utilizado para ligar ou desligar aparelhos.

No que tange a parte relacionada à plantação, fazer mudas para hidroponia com espuma fenólica tem aumentado bastante no contexto atual, sobretudo no uso residencial. A espuma fenólica, por sua vez, tem sido uma aliada no cultivo de alimentos por meio da hidroponia, ela é basicamente um substrato orgânico e não deixa resíduos, sendo versátil, pois permite o manejo de água e nutrientes, além do baixo custo e de produzir mudas em maior quantidade em pequenos espaços.

Ademais, é indispensável uma bomba d'água e um sensor de vazão, para que seja responsável pela transferência da solução aquosa do reservatório para o canal de cultivo automaticamente para reduzir a ação humana. A Bomba SB1000C servirá para que haja circulação da água por todo o sistema e o sensor de vazão será instalado na tubulação de abastecimento para verificar a quantidade e a força da solução nutritiva ao passar pelo canal para que não haja danos às raízes das plantas pois a alta velocidade de fluxo da solução pode arrancar partes das raízes.

O Módulo Sensor de Luminosidade Fotosensitivo também é utilizado, uma vez que é composto por um sensor fotocélula LDR (Resistor Dependente de Luz), responsável pela variação da resistência conforme a intensidade luminosa incidente sobre ele. Na medida em que a luz aumenta a resistência diminui. Ele identifica a falta ou a presença de luminosidade e isso o ativa, fazendo com que envie as informações ao microcontrolador. Também pode ser utilizado na construção de projetos de alarmes residências baseados em plataformas de prototipagem, em que o rompimento de um feixe de luz pode identificar a presença de uma pessoa, por exemplo.

Além de ser uma promissora fonte de iluminação, inclusive para grandes projetos urbanos, a luz de LED vem revelando outras propriedades animadoras, a exemplo do cultivo de verduras, principalmente na inovação da horta hidropônica. Ao utilizar o Arduino, que é uma plataforma com seu código totalmente aberto, ele é capaz de ler entradas, luz de sensores, ativar motor, acender uma LED (*Light Emitting Diode*, que significa diodo emissor de luz), tudo isso é utilizado a linguagem de programação Arduino.

Nesse sentido, os LEDs vermelho, branco e azul podem ser usados em uma ampla variedade de aplicações e ambientes, sendo possível regulagens em tempos reais. Com isso, essa luz simula as necessidades que a planta precisa para seu desenvolvimento. O uso de novas tecnologias como as provenientes da Revolução 4.0 podem beneficiar a produção de alimentos para os consumidores com maior eficiência, visto que, na agricultura, o uso do LED tende a aumentar a produção e diminuir os preços. O LED é um dispositivo semicondutor composto basicamente de silício, que produz uma luz de estreito espectro quando energizado. (BOURGET, 2008).

Nesse âmbito, vale ressaltar que as plantas são altamente sensíveis à luz, além de dependentes, por sobrevivência. Assim, a radiação luminosa estimula o desenvolvimento das plantas, visto que absorvem a energia e a sintetiza em seu (MARTINS, 2013). Como a luz espectral influencia no crescimento das plantas? Pode-se dizer que a luz emite uma onda, essas ondulações que se formam variam de comprimento, dependendo de onde a cor da luz cai no espectro eletromagnético. A luz vermelha, como comprimentos de onda de rádio, microondas e infravermelho, é ampla, longa e contém menos energia, já a luz violeta, como raios UV, raios X e gama, é curta, estreita e de alta energia. Os comprimentos de onda do espectro são medidos em nanômetros e variam de 0 a 5.000.000.000 nanômetros (nm).

A luz visível, que fica entre a luz vermelha e a violeta, é uma pequena fatia de todo o espectro eletromagnético. Todas as cores do arco-íris se encaixam na faixa muito estreita de 400-700 nm. Todas essas cores juntas criam a luz branca e são separadas em cores individuais quando passam por um prisma. Este fenômeno acontece naturalmente quando a luz do sol passa por gotículas de água, formado assim o arco-íris.

Embora estudos indicam que os raios infravermelhos e UV também tem o seu papel importante, esta seção do espectro é necessário e essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. É importante entender como a temperatura da cor é

medida ao comprar uma lâmpada de cultivo interna, visto que a luz tem seu papel essencial durante a fotossíntese, nesse processo, as plantas convertem a luz, dióxido de carbono, água e minerais em glicose e oxigênio e, assim, usam principalmente os espectros vermelho e azul da luz em quantidades variadas.

Diferentes plantas preferem diferentes espectros de luz, em geral, determinados espectros realizam tarefas específicas. A luz azul na faixa de 400-500 nm promove o crescimento radicular e a fotossíntese intensa. Em controvérsia, a luz vermelha na faixa de 640-720 nm estimula o crescimento do caule, a floração e a produção de clorofila. Juntos, toda essa faixa é conhecida como radiação foto sinteticamente ativa.

Tradicionalmente, os produtores de interiores usam lâmpadas de iodetos metálicos (MH) no estágio vegetativo e lâmpadas de sódio de alta pressão (HPS), ou uma mistura de ambos, no estágio de floração. As lâmpadas de iodetos metálicos têm mais luz azul, enquanto as lâmpadas HPS têm mais luz vermelha. Muitas lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) permite alterar a temperatura da cor conforme necessário durante os ciclos vegetativo e de floração.

Existem também lâmpadas fluorescentes compactas e "luz do dia" que produzem uma luz branca mais próxima à da luz do sol. Alguns produtores afirmam usar lâmpadas HPS sozinhas durante todo o ciclo, o que funciona, mas geralmente produz plantas mais altas com maior espaçamento interno, porém, dispõe de uma colheita menor. Segundo pesquisas do Ministério da Cultura, cultivadores do interior geralmente preferem plantas mais curtas e arbustivas devido ao espaço limitado, descobriram que o uso de um espectro mais amplo de luz produzirá um rendimento um maior na colheita, embora uma planta possa crescer sob luz vermelha sozinha durante todo o seu ciclo de vida.

Em um estudo de 1997, publicado no *Oxford Journal of Experimental Botany*, o trigo foi cultivado sob LEDs vermelhos com e sem iluminação azul suplementar, e foi comparado ao trigo cultivado sob lâmpadas fluorescentes brancas à luz do dia. O estudo constatou que o trigo cultivado com a luz vermelha demonstrou menos desenvolvimento durante o crescimento vegetativo, pois cresceu caules e folhas mais longas e produziu menos sementes do que o trigo cultivado sob luz branca.

O trigo cultivado sob LEDs vermelhos com iluminação fluorescente azul suplementar produziu crescimento e rendimento semelhantes ao trigo cultivado sob luz branca. O estudo concluiu que o trigo pode, de fato, completar seu ciclo de vida apenas com LEDs vermelhos; no entanto, plantas maiores e maior rendimento de sementes são

produzidas com o espectro mais amplo de luz.

Pesquisas realizadas pela *Scientia Horticulturae* (1987) constatou os efeitos da luz azul, natural, verde, amarela e vermelha em crisântemos, tomates e alface. Ele descobriu que a luz azul reduziu o peso seco, a altura e a área foliar nas plantas em comparação com outros espectros de luz. Nesse âmbito, as luzes verde e amarela aumentaram a área foliar dos tomates em comparação com a luz natural. Eles também descobriram que a luz azul produzia folhas verdes mais escuras do que a luz natural, enquanto a luz verde e amarela produzia folhas verdes claras.

Um estudo na *Scientia Horticulturae* (2012) investigou as influências de três qualidades diferentes da luz na alface. Eles usaram um LED vermelho e azul; um LED vermelho, azul e branco; e uma lâmpada fluorescente. Verificou-se que os pesos secos, a crocância, a doçura e a forma das plantas tratadas com o LED vermelho-azul-branco e lâmpada fluorescente eram maiores do que nas plantas tratadas apenas com LEDs azul-vermelho. Mais uma vez, um espectro mais amplo de luz ao longo do ciclo de vida das plantas produziu melhores resultados do que a luz azul ou vermelha sozinha.

Resultados e discussões

As atividades desenvolvidas estão relacionadas com áreas distintas no que concerne a vantagens, utilidades e praticidade da automação. Nesse viés, entende-se que com um controle preciso do ambiente de desenvolvimento das plantas, proporciona-se a condição ideal para que a mesma se desenvolva livre de pragas comuns as hortas convencionais, inibindo assim, o uso de agrotóxicos.

Pode-se dizer que em desenvolvimentos futuros pretende-se deixar esta parte ainda mais prática, fazendo com que o sistema execute todas as ações citadas aqui, em especial as configurações dos sensores e da placa Arduino Mega, pensando nas mais variadas plantas, uma vez que cada ser vivo tem sua necessidade característica.

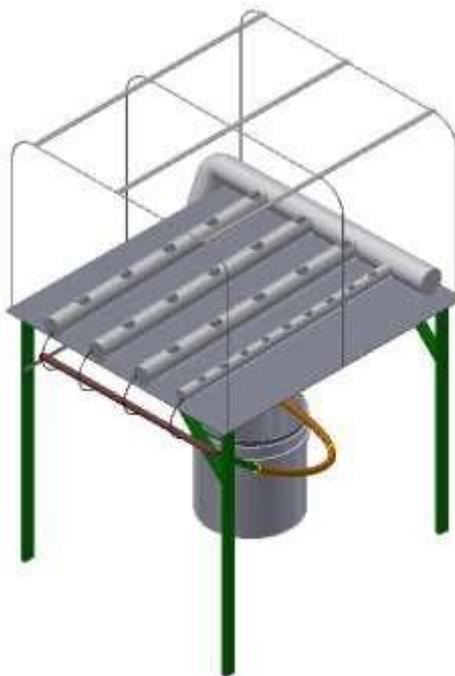


Figura 1: Modelo digital do projeto (Inventor)

Fonte: autores.

Considerações Finais

A hidroponia vem se tornando um meio de renda importante, não somente para grandes produtores, mais também na agricultura familiar, já que as vantagens são diversas: redução no ciclo do cultivo e maior produtividade, conhecendo as necessidades nutricionais

das plantas é possível fornecer o melhor; menor consumo de água e fertilizante; dispensa rotação de cultura; redução de riscos climáticos; melhor qualidade e preço dos produtos, permitindo uma qualidade excelente e um ótimo custo benefício.

Neste trabalho, a hidroponia como forma de renda e sustentabilidade é um dos principais objetivos, além de implementar a automação e incentivar a cultura desse plantio, proporcionando qualidade de vida à sociedade.

Todos os materiais citados serão utilizados na automação da horta hidropônica, haja vista que foram selecionados a fim de oferecer agilidade, praticidade, alta performance e controle sobre a plantação. Vale ressaltar que, esse modo de plantio poderá ser levada a outros lugares, pensando na escassez de água, que é uma situação real do contexto hodierno, além das queimadas e do crescimento urbano.

Na estrutura da horta serão empregados materiais como PVC, pelo custo benefício e características, estrutura metálica e outros. O trabalho ainda precisa ser melhor estruturado, com finalidade de aperfeiçoamento, refletindo na existência da cultura hidropônica e em sua melhor eficiência e utilização.

Referências

ARDUINO. **What is arduino?**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction&prev=search>. Acesso em: 20 Setembro de 2020.

BOURGET, C.M. An introduction to light-emitting diodes. **HortScience**, v. 43, p. 1944-1946. 2020.

CANAL RURAL. **Saiba quais as vantagens do cultivo por hidroponia**. CanalRural©. Disponível em: <httpS://canalrural.uol.com.br/programas/saiba-quaisvantagens-cultivo-por-hidroponia-55486/>. Acesso em: 10 Out. de 2020.

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 43p.

DOUGLAS, James Solto. **Hidroponia cultura sem terra**. [S.L.]: Nobel, p.1-5.1984.

FURLANI, Pedro Roberto et al. **Estruturas para o cultivo hidropônico**. Minas Gerais: *Informe Agropecuário*, 1999. 72 p. v. 20.

FURLANI, Pedro Roberto et al. **Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de** *Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO – Vol.9. no. 1, 2020.*

soluções nutritivas. Minas Gerais: *Informe Agropecuário*, 1999. 90 p. v. 20.

HIDROGOOD. **Como Funciona o Sistema de Hidroponia NFT.** Disponível em: <https://hidrogood.com.br/noticias/hidroponia/como-funciona-o-sistema-de-hidroponia-nft>.

Acesso em: 19 set. 2020.

MANUAL DE HIDROPONIA, **História da Hidroponia. Manual da Hidroponia**, 2014.

Disponível em: < file:///C:/Users/Rayne%20Oliveira/Desktop/C1-P%20(1).pdf >

Acesso em: 20 Set. 2020.

MCRBERTS, Michael. **Arduino Básico.** 2. Ed. São Paulo. Ed. Novatec. 2015.

MERCADO LIVRE. Disponível em: <http://www.mercadolivre.com.br/>. Acesso em: 10 Ago. de 2020.

O que você precisa saber sobre relés. Disponível em <<https://www.findernet.com/pt-br/portugal/news/o-que-voce-precisa-saber-sobrerelays> >. Acesso em: 15 Set. de 2020.

TACHIKAWA, Éderson Massahiro. Automação de técnica de cultivos hidromônicos. 2008. 53 f. Monografia (Graduação em Engenharia da Computação) - Universidade São Francisco, Itatiba - São Paulo, 2008.

TUDO Hidroponia. (s.d.). **Como plantar alface em hidroponia. Tudo Hidroponia.**

Disponível em: <http://tudohidroponia.net/>. Acesso em 09 de Setembro de 2020.

Sistema Automatizado de Controle de Umidade do Solo para plantio

Automated Soil Moisture Control System for planting

Alessandro Junio da Cruz¹
Ary Victor Della Colleta²
Gabriel Teles Toldato³
Clovis Kiyoshi de Assis Siva⁴
Amadeu Zanon Neto⁵

RESUMO

O presente trabalho trata de um sistema automatizado de irrigação para o solo, com o objetivo de manter a umidade do mesmo satisfatória e constante para o plantio.

O sistema de controle é baseado na coleta de variáveis a partir da medição da umidade do solo em tempo real através de sensores de umidade de solo (higrômetro) que enviam a informação para um dispositivo microcontrolado, que pode monitorar e acionar as bombas de irrigação simultaneamente ou de forma aleatória, irrigando as regiões necessárias de forma independentes.

Devido as diferentes características e necessidades particulares de cada planta, legume ou afins à serem plantados, este trabalho, trata do valor da umidade do solo de forma genérica, podendo ser modificado em função do que se desejar plantar.

Palavras-chave: Controle, Umidade, Solo, Sensor Higrômetro, Irrigação.

ABSTRACT

The present work deals with an automated irrigation system for the soil, in order to maintain a satisfactory and constant humidity for planting.

The control system is based on the collection of variables from the measurement of soil moisture in real time through soil moisture sensors (hygrometer) that send the information to a microcontrolled device, which can monitor and act as pumps irrigation simultaneously or randomly, irrigating the necessary regions independently.

Awaiting the different characteristics and needs of each plant, vegetable or the like to be planted, this work deals with the value of soil moisture in a generic way and can be modified depending on what you want to plant.

Keywords: Control, Humidity, Soil, Hygrometer Sensor, Irrigation.

¹ Acadêmico do 10º semestre do curso de engenharia mecatrônica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba

² Acadêmico do 10º semestre do curso de engenharia mecatrônica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba

³ Acadêmico do 10º semestre do curso de engenharia mecatrônica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba

⁴ Acadêmico do 10º semestre do curso de engenharia elétrica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

⁵ Graduado em ciências, especialista em computação gráfica. Docente dos cursos de engenharia mecatrônica, engenharia da computação, engenharia elétrica, engenharia mecânica, engenharia civil, e tecnólogo em desenvolvimento de jogos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba

Introdução

A quantidade de água presente no solo é um fator de grande importância no desenvolvimento de diversas culturas.

Com o passar dos anos, as mudanças e instabilidades climáticas que vem se observando, vem crescendo, e juntamente com elas, a necessidade da aplicação de tecnologias no plantio e na produção de alimentos.

“A agricultura é uma atividade de alto risco, uma vez que não se tem controle sobre os elementos climáticos.” (ROMANINI, 2010, p.1194).

Segundo de Freitas (2019), “As propriedades rurais brasileiras de pequeno e médio porte são compostas por grande parte dos agricultores do país, geralmente são trabalhadores rurais que produzem diversas culturas com pouca tecnologia e mão de obra familiar.”

Portanto, Freitas (2019), aponta que ocasionalmente essas propriedades são desprovidas de aplicação de técnicas, tecnologias e/ou conhecimentos mais avançados, diante disso, sua produção agropecuária e agrícola é de baixa produtividade.

Nesse contexto, o sistema automatizado de controle umidade proposto opera um sistema de irrigação, controlando a umidade do solo para o plantio de forma automatizada, desenvolvido para pequenos produtores rurais, a custos acessíveis, podendo ser implementado para uma agricultura mais elaborada e com maiores proporções.

No cenário da década de 1980, as lavouras em quase sua totalidade eram irrigadas por aspersão. Na irrigação por aspersão, jatos de água são lançados no ar, que caem em forma de gotas de chuva. Os únicos benefícios alcançados por esse método são a diminuição do ataque de ácaros e o controle de geadas, podendo evitar danos às flores e frutos pequenos e, em consequência, diminuir quedas na produtividade. (SANTOS; MEDEIROS; WREGGE, 2005).

Contudo, segundo Santos, Medeiros e Wrege, (2005), “nos últimos anos, o processo de irrigação localizada, ou irrigação por gotejamento, está sendo amplamente adotado”, respectivamente, processos nos quais um a irrigação é feita de forma setorial em regiões onde a umidade esteja abaixo do valor determinado, e no outro a irrigação é feita através de tubulações que gotejam água lentamente, mantendo a umidade constante.

A irrigação é uma prática essencial para a manutenção da produtividade das variadas culturas, mas para que seja eficiente, deve ser levado em consideração algumas variáveis físicas como tipo do solo, capacidade de reter a água e a evapotranspiração da cultura. Pode se obter variadas respostas com níveis de irrigação diferentes, dependendo também de regiões consideradas. Dessa maneira, é importante determinar a influência que tratos culturais podem ter na retenção da água no solo.

O sistema de controle proposto permite manter a umidade do solo de forma constante e uniforme, permitindo maiores rendimentos, e com o mínimo consumo de água, através de sensores e um microcontrolador.

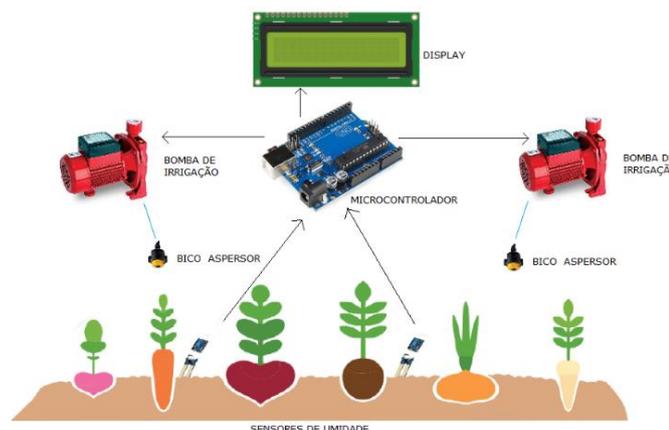


Figura 1 - Esquema gráfico de interligação dos dispositivos do sistema.

Fonte: autores.

O sistema realiza a medição da umidade do solo, em seguida analisa a necessidade de irrigação mediante aos valores de umidade medidos e pré-definidos. Além de apresentar ao usuário a umidade que se encontra o solo de sua plantação, o sistema verifica se é necessário ativar as bombas de irrigação, visando assim uma economia de mão-de-obra e água.

O projeto apresentado é baseado em um microcontrolador e módulos sensores de umidade, que serão distribuídos ao longo do solo a ser monitorado e onde é feito o cultivo.

Este sistema tem a função de medir a umidade da área a ser atendida e as informações coletadas são processadas pelo microcontrolador, que analisa as variáveis e envia sinais às bombas, irrigando a área do plantio em que seja necessário.

Desenvolvimento

Após pesquisas bibliográfica e estudos sobre formas de irrigação e cultivos, foi feita a escolha do projeto, em seguida, a próxima etapa, foi a elaboração de um protótipo.

Na elaboração do projeto, foi desenvolvido um protótipo em pequena escala, simulando uma plantação, onde foi possível implantar o sistema de controle de umidade do solo e verificar as necessidades de umidade que o cultivo exigia

O desenho do protótipo, foi criado através do software Google SketchUp 2020, onde após um estudo das dimensões e dos materiais, chegou-se a um modelo inicial do que seria o protótipo, conforme a figura a seguir.

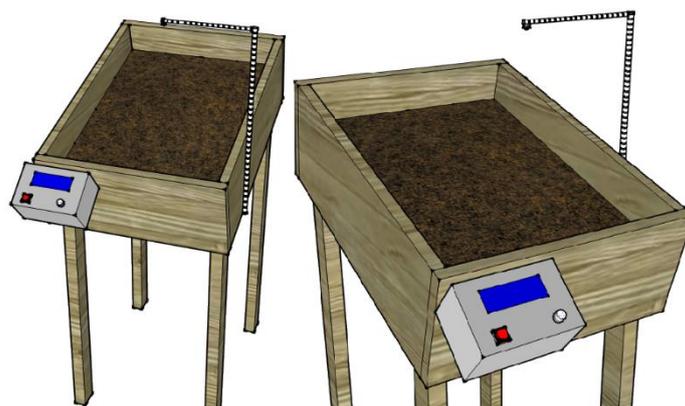


Figura 2 - Esboço em 3D do protótipo. Fonte: autores.

Controladora

Para o sistema de controle de umidade, foi utilizado um microcontrolador ATmega328p, que é fabricado pela Atmel, com algumas características, dentre elas 28 pinos, nos quais podem ser configurados como entrada ou saída, memória de programa do tipo flash de 32Kb, o que garante uma ótima relação custo benefício, já que suas características atenderam as necessidades do projeto aqui apresentado, e tem um custo relativamente baixo.

Foi integrado também a controladora dispositivos sensores de umidade, módulo de relé para acionamento da bomba, um display de LCD 20x4 e um botão para ligar e desligar o sistema com um potenciômetro para ajustar a umidade desejada.

Antes da montagem da controladora, foi efetuado a montagem do circuito eletrônico em protoboard para testes iniciais. Foi possível testar e fazer modificações no código de acordo com as respostas obtidas.

A controladora foi montada em caixa de PVC com 154x110x70(mm), abrigando os dispositivos de controle e acionamento.



Figura 3 - Controlador do sistema. Fonte: autores.

Programação

Para a realização da tarefa de forma adequada foi feita uma programação através do software IDE do Arduino, gerando o código de controle em linguagem de máquina.

O código foi desenvolvido a partir da plataforma IDE Arduino, "Arduino Integrated Development Environment que é uma aplicação de plataforma cruzada,

escrito em funções de C e C ++, usado para escrever e fazer upload de programas em placas compatíveis com Arduino”. (ARDUÍNO,2020)

Execução do projeto

Após os estudos sobre sistemas de irrigação e controle de umidade, partiu-se para a montagem do protótipo, onde foi montado uma estrutura em madeira simulando uma plantação, onde pudesse ser instalado e aplicado o sistema de controle de umidade do solo.

Para a montagem do caixote do protótipo foi utilizada tábua de madeira pinus cortadas e parafusadas, de acordo com o desenho do protótipo.



Figura 4 - Estrutura inicial em madeira do protótipo da horta. Fonte: autores.

Após a confecção e montagem da estrutura em madeira e da controladora, foi efetuada a montagem e no caixote do protótipo, e em seguida adicionado a terra para dar sequência aos testes.



Figura 5 - Colocação de terra no caixote do protótipo. Fonte: autores.

Para finalização e realização dos testes finais, foi instalado o reservatório de água na parte inferior, contendo a bomba e a tubulação da irrigação juntamente com o bico aspersor, feita as conexões dos fios da parte elétrica até a bomba, e posicionado os sensores de umidade na terra.

Em seguida para trazer uma maior realidade ao protótipo e a aplicação, foi adicionado mudas de alface, concretizando a montagem do protótipo e ficando pronto para ser efetuado os ensaios com o conjunto montado por completo.



Figura 6 - Protótipo finalizado. Fonte: autores.

Experimentos

Após a da finalização da montagem do protótipo foi efetuado os experimentos com o controle da umidade do solo.

Os testes do projeto foram baseados na umidade relativa ao cultivo de alface, porém o objetivo é controlar a umidade do solo independente do cultivo.

Os estudos revelaram que o crescimento e qualidade foram melhores quando a umidade estava na metade superior do limite PMP, ponto de murcha permanente que é definido como “o conteúdo de água de um solo no qual as folhas de uma planta que nele crescem atingem, pela primeira vez, um murchamento irreversível” (PONTO, 2020), quando a água no solo cai abaixo desse limite o crescimento da alface é prejudicado e então obtêm-se plantas de crescimento menor, folhas menores e pequenas.

De acordo com Cardoso e Klar (2009), em ensaios e estudos realizados, uma vez conhecida a massa e volume de solo, bem como a porcentagem de água, e com base na curva de retenção de água no solo, foi possível determinar a umidade do solo quando irrigadas com o potencial matricial de água mais eficiente para a produção de alface em 0,005MPa a cada 10mm de lâmina de irrigação (profundidade).

Essa tensão de água pode ser convertida em mmH₂O, sendo, 1 MPa equivalente a 101.1974,4mmH₂O.

Portanto, 0,005MPa equivale aproximadamente a 509,872mmH₂O.

O potencial de água por sua vez pode ser convertido em g/cm², onde 1mmH₂O sendo equivalente a 0,1g/cm².

Obtêm-se então 50,987g/cm² de água.

O protótipo tem as medidas de 46x 66 (cm) totalizando 3036cm². Portanto seria necessário aproximadamente 507,1g de água ou 507,1mL para atingir o potencial matricial de 0,005MPa.

Considerando então a necessidade dos 10mm de profundidade na lâmina de irrigação, temos um total de 3036cm³ de terra para 507,1g de água, que equivale a 507,1cm³.

Sendo assim temos uma umidade ideal aproximada de 16,7%.

A determinação do potencial matricial da água ou tensão da água no solo proporciona um meio de indicar quando irrigar e quanto de água aplicar ao solo (Cary & Fisher, 1983).

Nos testes realizados com o protótipo, o objetivo principal era comprovar o funcionamento e a eficiência do sistema de controle de umidade do solo, em função das medições realizadas e em seguida com o acionamento da irrigação.

Portanto o valor ideal de umidade para o cultivo da alface calculado e demonstrado para situação apresentada não foi utilizado.

Para tal comprovação do funcionamento do controle de umidade de solo, foi utilizado um valor aleatório, aproximadamente 30%.

Nos testes foi utilizado água mineral com PH próximo de 7 (neutro).

O protótipo foi montado em um local arejado, com ventilação e fora da luz do sol direta, porém com bastante claridade, fatores que podem acelerar ou retardar o tempo de secagem do solo, não sendo a umidade absorvida totalmente pelas mudas.

São estes, fatores determinantes também para uma maior evapotranspiração, que é a perda de água do solo por evaporação e a perda de água da planta por transpiração. (EVAPOTRANSPIRAÇÃO, 2020).

Com o protótipo montado e o sistema em funcionamento foi possível identificar que de acordo com o código escrito, no momento em que a umidade atual do solo sendo 3% inferior a umidade ajustada, acionou a bomba de irrigação.

Essa diferença de 3% foi necessária para que a mesma não sofresse acionamentos e desacionamentos constantes e repetitivos no momento da equivalência dos valores das umidades.

Quando o valor da umidade atual do solo foi maior em 1% que o valor da umidade ajustada, então o sistema desligou a bomba de irrigação.

O sistema foi testado em diversos dias aleatórios com temperaturas e climas diferentes, ligado em média 6 horas, levando em conta o início da operação com a terra já em estado mais seco e com umidades em valores diferentes.

Conclusão

Compreendido que a agricultura tem grande importância no país, e que dela, muitos produtores e pequenos agricultores obtém seu sustento, este projeto visou atender a requisitos fundamentais como a funcionalidade, simplicidade e custo benefício.

O projeto tinha como finalidade realizar uma irrigação automatizada em um cultivo com base na medição da umidade do solo.

Com o desenvolvimento do projeto e a construção de um protótipo simulando uma pequena plantação, foi possível realizar os ensaios e visualizar toda a estrutura pretendida pelo projeto e suas funcionalidades. O circuito desenvolvido foi capaz de realizar as medições de umidade proporcionando o controle da irrigação.

Segundo os testes submetidos o sistema funcionou coerentemente, atendendo assim o propósito inicial, assim, o sistema de controle de umidade do solo poderia ser aplicado em uma escala maior, sendo até mesmo setorialmente na plantação, proporcionando a o agricultor monitorar o estado de umidade do solo que se encontra seu cultivo.

O objetivo de implementar um sistema de controle de umidade e irrigação automatizado para um cultivo, sendo possível a implantação em maior escala para pequenos agricultores foi realizado com sucesso. O sistema de controle de umidade de solo projetado, e construído de forma simples em pequena escala no formato de protótipo, permitiu realizar todas as funções necessárias para que se tenha o solo úmido e para que o cultivo seja sempre irrigado de forma eficaz, agregando assim economia, reduzindo os desperdícios e garantindo que não haja dano à plantação.

Referências Bibliográficas

ARDUÍNO. In: WIKIPEDIA – A enciclopédia livre - Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino>>. Acesso em 25 de junho de 2020.

CARY, J.W.; FISHER, H.D. Irrigation decisions simplified with electronics and soil water sensors. **Soil Science Society of America. Journal, Madison**, v.47, p.1219-1223, 1983.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO In:WIKIPEDIA – A enciclopédia livre - Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Evapotranspiração>>. Acesso em 1 de Novembro de 2020.

FREITAS, Eduardo de. **Importância dos pequenos produtores no Brasil** ; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/importancia-dos-pequenos-produtores-no-brasil.htm>. Acesso em 7 de julho de 2020

PONTO DE MURCHA PERMANENTE. In:WIKIPEDIA – A enciclopédia livre - Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ponto_de_murcha_permanente>. Acesso em 24 de Agosto de 2020

ROMANINI, Carlos E. B. et al. Desenvolvimento e simulação de um sistema avançado de controle ambiental em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p. 1194, nov. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662010001100009&script=sci_arttext>. Acesso em 2 de junho de 2020.

SANTOS, Alverides Machado dos; MEDEIROS, Antônio Roberto Marchese de. **Sistema de produção do morango: implantação da cultura**. Pelotas: Embrapa Clima temperado, 2005. (Sistemas de Produção; 5). Disponível em: <<http://sistemas.deproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap03.htm>>. Acesso em 2 de junho de 2020

RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, 1954, p. 160. USDA Agricultural Handbook. Acesso em 7 de agosto de 2020.

Cardoso, Gabriel Greco de Guimarães; Klar, Antônio Evaldo. **POTENCIAIS DE ÁGUA NO SOLO NA PRODUÇÃO DE ALFACE**, v. 14, n. 2, p. 170-179, abril-junho, 2009 - Botucatu, SP. Acesso em 20 de outubro de 2020.