

ANAIS
SENPEX 2020

XI SENPEX

Tendências em inovação
e suas oportunidades



ÁREA TEMÁTICA: ENGENHARIA E TECNOLOGIA

Orleans, 19 a 21 de Outubro de 2020



SUMÁRIO

ANÁLISE DA ÁGUA RESIDUAL DA LAVAGEM DE BATATA E UMA PROPOSTA DE SISTEMA DE TRATAMENTO: ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA LOCALIZADA EM AZAMBUJA - PEDRAS GRANDES/SC	629
COMPARATIVO DE CUSTO E DIMENSIONAMENTO PARA SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO: HIDRANTE COM MANGUEIRA FLEXÍVEL E MANGUEIRA SEMIRRÍGIDA	643
EFEITO DA GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO NA RESISTÊNCIA ÀTRAÇÃO E NA FLEXÃO DE PLACAS CIMENTÍCIAS PENSADAS A SECO	658
ESTUDO DA ADIÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO NA PRODUÇÃO DO CONCRETO	674
HIDRÁULICA APLICADA ÀS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETAS): UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	683
ISOLAMENTO ACÚSTICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS POLIMÉRICOS	691
O USO DE SISTEMAS EMBARCADOS PARA PREDIÇÃO DE FALHAS EM SISTEMAS HIDRÁULICOS DE COMBATE A INCÊNDIO	706
PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NA ÁREA DE ESTACIONAMENTO DE RUAS CENTRAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO/SC	720
PROPOSTA DE READEQUAÇÃO DE LAYOUT VISANDO A REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UMA EMPRESA DO SEGMENTO DE BEBIDAS	730
RECUPERAÇÃO DE DUNAS EM ÁREA DEGRADADA POR CONSTRUÇÃO ABANDONADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARUNA/SC	746
SUSTENTABILIDADE, IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	761
UTILIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE MAGNÉSIO COMO ADSORVENTE: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA	772
UTILIZAÇÃO DO FRESADO ASFÁLTICO EM SUBSTITUIÇÃO AOS AGREGADOS NO CONCRETO.....	784

ANÁLISE DA ÁGUA RESIDUAL DA LAVAGEM DE BATATA E UMA PROPOSTA DE SISTEMA DE TRATAMENTO: ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA LOCALIZADA EM AZAMBUJA - PEDRAS GRANDES/SC

Karoline Pignatel¹; Bruno De Pellegrin Coan²

¹Engenharia Ambiental e Sanitária. UNIBAVE. karolpignatel@gmail.com

²Engenharia Ambiental e Sanitária. UNIBAVE. brunocoan@gmail.com.

Resumo: A batata (*Solanum tuberosum*) é um tubérculo utilizado na alimentação humana e economia mundial. No entanto, no seu beneficiamento, ocorre a lavagem, o que consome grande volume de água. Este estudo tem como objetivo a análise da água residual da lavagem de batata inglesa em um município da região sul de Santa Catarina, com uma proposta de sistema de tratamento. Os dados obtidos dos parâmetros foram por meio de coleta *in loco*. Foram utilizados, como base para fins de comparação, as legislações brasileiras do CONAMA 357/2005 e 430/2011 e a Lei nº 14.675 de 2009. Após obtenção da análise da amostra do efluente, verificou-se que está fora dos padrões, pois existem parâmetros físico-químicos como turbidez, fósforo, DBO e DQO que não se encontram dentro dos padrões permitidos pelas legislações, além da possibilidade de vários princípios ativos de agrotóxicos, sendo o tratamento físico-químico a sugestão para adequação dos parâmetros.

Palavras-chave: Batata. Água residual. Tratamento de água. Meio ambiente.

Introdução:

As atividades de beneficiamento de batata surgiram no Brasil no final do século XIX, na região Sul. A água é um produto fundamental no seu processo de lavagem, no entanto, após a utilização, na maioria das vezes a água residual é descartada em copos hídricos sem qualquer preocupação com questões ambientais (BIGOGNO, 2016).

No seu processo de lavagem exige grande consumo de água para a limpeza, porém a falta de tratamento do efluente e, conseqüentemente, o seu lançamento de maneira inadequada em mananciais e córregos, geram inúmeros e graves danos, desde a modificação das características da água à contaminação do ambiente, possibilitando a morte de peixes por intoxicação, e também podendo afetar a população à jusante do ponto de lançamento (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2014).

O efluente do beneficiamento de batata é composto basicamente por água e grande concentração de solo, lembrando que o solo absorve a maioria dos agrotóxicos usados na lavoura.

A quantidade e a concentração dos lançamentos de efluentes de uma indústria variam, pois dependem dos processos empregados e dos métodos de controle de despejos (BRAILE, 1971). Então, é fundamental avaliar as substâncias que podem estar presentes, como também, a interação delas com o meio ambiente, os seres vivos e quais impactos são causados (BAGGIOTTO, 2017).

No Brasil, as resoluções CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), 357/2005 e 430/2011, e também de Santa Catarina a Lei nº 14.675/2009, apresentam os parâmetros mínimos para descarte de efluentes em um corpo hídrico, com o objetivo de reduzir os impactos das atividades antrópicas (BIGOGNO, 2016). No entanto, não há citação direta sobre condições de lançamento de efluentes de atividades específicas, como por exemplo, aqueles produzidos por atividades agropecuárias. Somente as análises físico-químicas não ajudam na avaliação do potencial de risco ambiental dos contaminantes, logo, os testes de toxicidade são fundamentais (BAGGIOTTO, 2017).

Segundo Jardim, Yoshida e Machado Filho (2012, p.521) descrevem que o tempo comprovou que é limitada, tanto a capacidade de depuração do solo, como a diluição dos corpos de água, onde ambos estão sobrecarregados com disposição de resíduos sólidos e lançamento de esgotos e efluentes, com grande grau de sua capacidade de absorção. Além de que, a poluição dos rios tem se tornado problema de saúde pública, e altos recursos para a recuperação.

Considerando o grande uso de agrotóxico em lavouras de batatas, este artigo tem como objetivo verificar se o efluente da atividade de beneficiamento, está dentro dos padrões de lançamento, a partir de avaliação da amostra da água residual obtida no ponto de lançamento, no qual serão analisados alguns parâmetros, tais como, pH, turbidez, temperatura, nutrientes, nitrogênio amoniacal, DBO, DQO, e comparar os resultados obtidos com os padrões estabelecidos pelo CONAMA nº 357/2005 e 430/2011, além da Lei nº 14.675/2009, e caso seja identificada a presença destes fora dos padrões, apresentar uma proposta de sistema de tratamento. E a partir de uma revisão bibliográfica, descrever os principais agrotóxicos que contaminam os rios que recebem esse tipo de efluente.

Cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum*), é nativa da Cordilheira dos Andes (América do Sul), onde seu consumo era feito pelas populações há mais de 8000 anos (EMBRAPA,

2018). No entanto, foi introduzida na Europa em 1570, tornando-se um alimento de suma importância na Inglaterra, daí o nome batata-inglesa, e no Brasil foi introduzida por imigrantes europeus no final do século XIX, na região Sul, devido às condições climáticas propícias à produção (ARRUDA, 2004).

Os tratamentos fitossanitários são procedimentos realizados para controle de pragas, utilizando defensivos e outros métodos a fim de evitar a proliferação, e obter um produto de boa qualidade. Segundo Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (2016) são registrados e autorizados para uso na cultura da batata, em torno de 129 princípios ativos, porém nem todos são utilizados conjuntamente, é necessário o técnico responsável, juntamente com o agricultor para fazer uma seleção dos disponíveis, e então estes são aplicados em suas lavouras.

Contaminação das águas por agrotóxicos

Os agrotóxicos são produtos criados e desenvolvidos com finalidade de serem usados no ambiente para minimizar o prejuízo causado pela ação danosa de insetos, fungos, plantas invasoras, dentre outros (CARVALHO; PIVOTO, 2011).

A produtividade agrícola quando em larga escala está diretamente relacionada ao controle de pragas e doenças na lavoura, dessa forma, com o uso constante de agrotóxicos no ambiente. No entanto, a sua toxicidade pode não ficar restrita somente aos locais onde são aplicados, grande parte dos seus princípios ativos tem como destino final os corpos hídricos, devido ao escoamento superficial, contaminando a fauna aquática, além de diminuir a qualidade das águas, tanto superficiais quanto subterrâneas, devido à infiltração nos lençóis freáticos (BAGGIOTTO, 2017).

A contaminação das águas superficiais por agrotóxicos é, na maioria das vezes, proveniente de fatores diretos, ou seja, lançamento no corpo hídrico, mas, pode ser por ações indiretas no momento da aplicação na lavoura, podendo causar danos ao ambiente e ao homem (BAGGIOTTO, 2017).

Mesmo existindo regulação de descargas de compostos tóxicos no ambiente, o ecossistema aquático pode apresentar condições impróprias para manutenção da vida, embora as características físico-químicas da água conferem com a estabelecida dentro do critério de qualidade. Neste tipo de ambiente, os organismos podem ser expostos a agentes contaminantes presentes tanto na água quanto nos sedimentos, podendo surgir transformações na biodiversidade aquática, ocasionando

desestruturação das comunidades biológicas e dos ambientes físicos (BAGGIOTTO, 2017).

Dessa forma, é de suma importância que na agricultura utilize-se apenas a quantidade de agrotóxico necessária para a obtenção do produto desejado, sem os excessos que em geral são praticados, e a disposição final adequada desses resíduos sem comprometer o meio ambiente (BRAILE, 1971).

É importante avaliar as substâncias que podem estar presentes na água residual da indústria de beneficiamento de batatas, além da interação com o meio ambiente, os seres vivos e quais impactos são causados (BAGGIOTTO, 2017).

Beneficiamento da batata

Os equipamentos de beneficiamento e classificação da batata surgiram na década de 70, porém somente na década de 90, com a abertura do mercado nacional, ocorreram as primeiras importações, onde foram desenvolvidos para agilizar o processo, bem como padronizar as hortaliças a serem comercializadas (RODRIGUES, 2011).

A limpeza é uma das etapas principais no sistema, é importante para a remoção de partículas de solo. A água utilizada no processo deve ser de boa qualidade, dessa forma, a captação deve estar sempre longe das possíveis fontes de contaminações, evitando a perda na qualidade do produto (RODRIGUES, 2011).

Durante todo o processo de beneficiamento é gerado o efluente, termo este utilizado para caracterizar os despejos líquidos no meio ambiente, que recebe tratamento ou não, oriundo de diversas atividades ou processos. “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões” (CONAMA 430/2011).

Parâmetros analisados da água residual da lavagem da batata

Várias empresas estão localizadas próximas ao corpo hídrico e possuem, como resultado de seus processos, os efluentes, sendo que estes devem ser destinados de alguma maneira. No entanto, a maioria opta pelo lançamento em corpos hídricos, por não encontrarem uma solução ecológica e economicamente adequada (MONTANO, 2017). Mas existem parâmetros que devem ser atendidos para que o lançamento dos efluentes estejam de acordo com o CONAMA, porém para a verificação de que estes parâmetros estão sendo realmente atendidos são necessárias análises.

Os parâmetros de análises de efluentes, neste trabalho, foram determinados por meio de estudos de revisão bibliográfica, sendo esses: pH, turbidez, temperatura, nutrientes, nitrogênio amoniacal, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). Não foi encontrada legislação em vigor no Brasil, com indicação ou exigência de quais parâmetros devem ser analisados na água residual da lavagem de batata inglesa. No entanto, para outros parâmetros não foram feitas análises, pois não são passíveis de comparação com a legislação.

Legislação Aplicável

Todos os resultados dos parâmetros analisados e descritos anteriormente, terão como base para fins de comparações as Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 e nº 430 de 13 de maio de 2011, que estabelecem os valores máximos permitidos das condições e padrões de lançamento de efluentes. E também, o valor máximo permitido de acordo com o Código Estadual de Meio Ambiente de Santa Catarina de 13 de abril de 2009, Lei nº 14.675, que dispõe de padrões de emissão de efluentes líquidos no art. 177.

Procedimentos Metodológicos

O presente estudo se propôs ao desenvolvimento de um estudo de caso, desenvolvido no Sul de Santa Catarina, no qual consiste em um estudo intenso e exaustivo, com o intuito de um conhecimento detalhado e amplo, desta forma identificar um problema, analisar, avaliar e assim propor uma solução (MARTINS, 2019).

Quando a abordagem é de pesquisa quantitativa, por meio de dados numéricos aplicados às ferramentas de estatísticas e a utilização de gráficos e tabelas para a demonstração dos resultados. E também por meio de pesquisa qualitativa, com intuito de mostrar o caminho para a tomada de decisão correta (D'ANGELO, 2019).

A coleta da amostra para análise foi realizada no dia 04/07/2019 às 09:30 horas da manhã. Foi preenchida a ficha técnica e feita a tríplice lavagem do recipiente com o efluente para eliminar possíveis contaminantes, posteriormente coletada a amostra em um único ponto, na saída de um tubo de PVC, onde este é liberado diretamente para o corpo hídrico. Para o armazenamento da amostra foi utilizado 01 recipiente de polietileno para análise físico-químico e o mesmo identificado. Após a coleta, a amostra foi armazenada em uma caixa térmica com gelos para o transporte, e

encaminhada ao laboratório do CISAM-Sul em Orleans/SC, e analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, turbidez, temperatura, nutrientes, nitrogênio amoniacal, DBO e DQO.

Também foi realizada uma busca nas bases literárias sobre principais agrotóxicos utilizados na lavoura de batata, que posteriormente possam contaminar o curso hídrico pelo despejo do efluente sem tratamento.

De acordo com os procedimentos indicados no Guia de coleta de água para consumo humano feito pelo laboratório do CISAM-Sul (2015), em conjunto com a FUNASA (Fundação Nacional de Saúde), foi coletado a amostra do efluente para a realização da análise físico-química, com orientações quanto à coleta, como uso de jaleco, luvas e frasco de polietileno para o armazenamento, posteriormente, com o auxílio de uma caixa térmica foi acondicionado durante o transporte até o laboratório. E também, fez-se o uso de uma ficha de coleta, contendo informações como, o responsável pela coleta, dia de amostragem, local, hora, parâmetros para análise, dentre outras características.

Resultados e Discussão

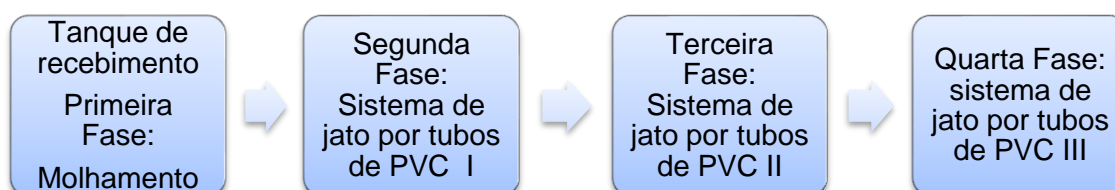
A empresa avaliada, recebe as batatas inglesas de cidades produtoras da região e de outros estados do Brasil. Desta forma, as características da sujidade agregada nelas variam de acordo com o solo de origem dos tubérculos, presenciando maior ou menor quantidade de solo na água.

Contudo, existem diversas formas de manuseio pós-colheita de batata, em geral, procedem ao arranquio dos tubérculos com maquinários, deixando exposto na superfície do solo para secagem inicial ou perda de água superficial, após são catados manualmente e colocados em *bigbag*, transportados até galpões ou empresas, quando então são lavados e secados, classificados, selecionados e ensacados para o beneficiamento.

A água de abastecimento da empresa para lavagem do tubérculo provém de reservatório que é abastecido com água do córrego e da chuva, e quando o mesmo se encontra com o nível baixo é utilizada água de nascente como opção de reserva. Sendo que a qualidade da água de abastecimento interfere na qualidade do jato de água, pois quando a mesma se encontra em situação de má qualidade pode provocar entupimento no orifício dos furos no tubo de PVC, e assim não realizar a limpeza correta dos tubérculos.

A lavagem do tubérculo ocorre basicamente em quatro fases (Figura 1):

Figura 1 - Fluxograma do sistema de lavagem da batata inglesa.



Fonte: Dados do pesquisador (2019).

O processo de lavagem de batata inglesa consome grande volume de água na limpeza, dessa forma, ocasionando danos ao meio ambiente, principalmente no lançamento da água residual da etapa de lavagem, que na maioria das vezes, é despejada no corpo hídrico sem receber qualquer tipo de tratamento. Dessa forma, fez-se necessário um estudo de caso para propor um sistema de tratamento para a empresa, a fim de evitar os impactos ambientais.

Foi realizado uma coleta de amostra do efluente no dia 04/07/2019 e encaminhada até o laboratório, para analisar e assim determinar qual o melhor tratamento e disposição final, sempre de acordo com a legislação. Os dados obtidos no laudo da análise da água residual da lavagem da batata inglesa então tabelados e apresentados na Tabela 01.

Tabela 1 – Parâmetros avaliados na água residual da lavagem de batata inglesa.

Parâmetros	Resultado	VMP ¹	VMP ²	VMP ³	Unidade
pH	6,98	6 - 9	5 - 9	5 - 9	-
Temperatura	17,5 °C	-	< 40 °C	< 40 °C	°C
Turbidez	747	-	-	-	NTU
DBO ₅	124	60 mg/L ou redução de 80%	-	Redução de 60%	mg/L
DQO	924	-	-	-	mg/L
Nitrogênio amoniacal	0,309	-	20,0 ml/L	20,0 ml/L	mg/L
Fósforo	6,1686	4 mg/L ou redução de 75%	-	-	mg/L

VMP: Valor Máximo Permitido

Fonte: Dados do pesquisador (2019).

Onde o VMP¹, é o valor máximo permitido segundo o Código Estadual de Meio Ambiente de Santa Catarina, Lei nº 14.675/2009, que dispõe de padrões de emissão

de efluentes líquidos no art. 177. E o VMP² significa o valor máximo permitido segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 no art. 34 e o VMP³ significa o valor máximo permitido segundo a Resolução CONAMA nº 430/2011 seções I e II.

Observa-se que os resultados dos parâmetros pH, temperatura e nitrogênio amoniacal estão dentro dos padrões para lançamento de efluentes, com resultados inferiores previstos no CONAMA 357/2005, 430/2011 e Lei nº 14.675/2009, respeitando os critérios de proteção à vida aquática em águas superficiais.

Notou-se, que o parâmetro turbidez teve um valor muito alto, o que pode prejudicar a biota aquática, porém as legislações consideradas nesta pesquisa não delimitam valores de referência. A turbidez ocorre pela presença de partículas em suspensão, ou de substâncias em solução, que tende a piorar a poluição, limitando a penetração de raios solares, diminuindo a realização da fotossíntese, logo, reduz a reposição do oxigênio (BAGGIOTTO, 2017). É fundamental um tratamento preliminar, para ficar retida a grande quantidade de sólidos que são lançados no rio, juntamente com sólidos grosseiros, e evitar impactos negativos ao longo dos anos.

Quanto ao fósforo, o resultado da amostra teve um valor um pouco acima do permitido pela legislação. O fósforo, juntamente com o nitrogênio, é um nutriente importante para o crescimento e reprodução de microrganismos que promovem a estabilização de matéria orgânica, no entanto, quando o efluente contém concentrações maiores que o permitido, pode provocar proliferação excessiva de algas no curso d'água receptor, portanto, a sua remoção passa a ter grande significado para o meio ambiente (DERISIO, 2012).

Com relação à DQO e DBO, os valores encontrados da DBO foram superiores à legislação federal e estadual, quanto a DQO não é delimitada valores. Os dois parâmetros são de suma importância, pois a quantidade de matéria orgânica presente é importante para se conhecer o grau de poluição de um efluente, para dimensionar estações de tratamento. Quanto à concentração da DBO, observou-se que está em desconformidade com as legislações, e isso pode refletir diretamente na quantidade de oxigênio dissolvido disponível para a fauna do rio. Verificando o resultado da DBO e DQO, e de acordo com Braile (1971), despejos tóxicos, podem ter alta demanda química de oxigênio (DQO) mas tem baixa demanda bioquímica de oxigênio (DBO), mesmo com grande quantidade de matéria orgânica.

O processo biológico de um dado efluente é avaliado pelo parâmetro DBO, quanto maior o valor da DBO, maior degradabilidade biológica dos compostos

orgânicos presentes no efluente. No entanto, pode-se fazer da mesma carga orgânica uma avaliação quanto a DQO. Se a relação DQO/DBO $<2,5$ o mesmo é facilmente biodegradável, porém, se for $5,0 <DQO/DBO> 2,5$ o efluente irá precisar de cuidados na determinação do processo biológico, para que haja uma remoção desejável de carga orgânica. Mas se a relação DQO/DBO >5 , então é o processo químico que deve ser utilizado, pois o processo biológico tem pouquíssima chance de sucesso (JARDIM; CANELA, 2004).

Apesar dos resultados físico-químicos terem parâmetros com valores em desconformidade com as legislações, somente estes não são fundamentais para indicar todos os prejuízos à biota. Baggiotto (2017) concluiu que somente as análises usuais são insuficientes para indicar os efeitos nocivos sobre indivíduos presentes nos corpos receptores de efluentes, não refletindo a real condição de qualidade ambiental desses ecossistemas, ou seja, se torna difícil determinar quimicamente todos os componentes existentes em uma amostra de efluente e avaliar seu potencial aos seres, dessa forma, sendo importante a realização de análises de resíduos de agrotóxicos.

A legislação brasileira estabelece padrões de qualidade para cursos hídricos e lançamento de efluentes, porém, não relaciona níveis de agrotóxicos na água e recomenda que possíveis substâncias causadoras de danos aos seres vivos deverão ser investigadas. Os critérios de toxicidades devem ser com base em resultados de testes ecotoxicológicos, que normalmente utilizam peixes, para poder comprovar a contaminação por agrotóxicos em ecossistemas aquáticos que recebem esses efluentes (BAGGIOTTO, 2017).

O teste de toxicidade não foi realizado para o desenvolvimento deste estudo de caso, por motivos de custos e por questões de tempo de elaboração da pesquisa, então foram feitas somente as análises físico-químicas. Mas, buscou-se referências bibliográficas para descrever os principais agrotóxicos utilizados na cultura da batata e, que conseqüentemente são encontrados no efluente de beneficiamento de batata quando submetidos a análises (tabela 2).

Tabela 2 – Agrotóxicos encontrado no efluente.

Princípio ativo	Classe	Classificação
Azoxistrobina	Fungicida	Medianamente tóxico
Clorpirifós	Inseticida	Altamente tóxico
Difenoconazol	Fungicida	Extremamente tóxico
Fenpropratrina	Inseticida/Acaricida	Altamente tóxico
Flutolanil	Fungicida sistêmico	Medianamente tóxico
Tebuconazol	Fungicida	Pouco tóxico
Tiametoxam	Inseticida	Medianamente tóxico

Fonte: BAGGIOTTO, 2017.

Conforme observado na tabela acima, foram encontrados 7 princípios ativos no efluente de beneficiamento de batatas no qual os peixes estão expostos. É visto o princípio ativo Fenpropratrina, que não está na lista da ANVISA dos indicados para essa cultura e é considerado altamente tóxico, podendo trazer contaminação tanto para o solo onde é aplicado quanto no curso d'água onde o efluente é lançado.

Segundo Baggiotto (2017), os produtos que normalmente são mais usados na lavoura da batata são Pyrinex 480 EC (*Clorpirifós*), Furadan (*Carbofurano*), Connect (*Beta-Ciflutrina* e *Imidacloprido*), Engeo Pleno (*Tiametoxam*) e Priorixtra (*Azoxistrobina*), lembrando que estes agrotóxicos quando expostos podem ocasionar diversos danos.

O Clorpirifós é um inseticida organofosforado não autorizado no Brasil, de acordo com a ANVISA, e o Fenpropratrina não é recomendado para a cultura da batata, e ambos são considerados altamente tóxicos, isso torna-se preocupante, pois quando um agrotóxico é usado, em algumas situações, ele também mata organismos não-alvo e isso pode alterar o equilíbrio natural do ecossistema (BAGGIOTTO, 2017).

Proposta de Tratamento

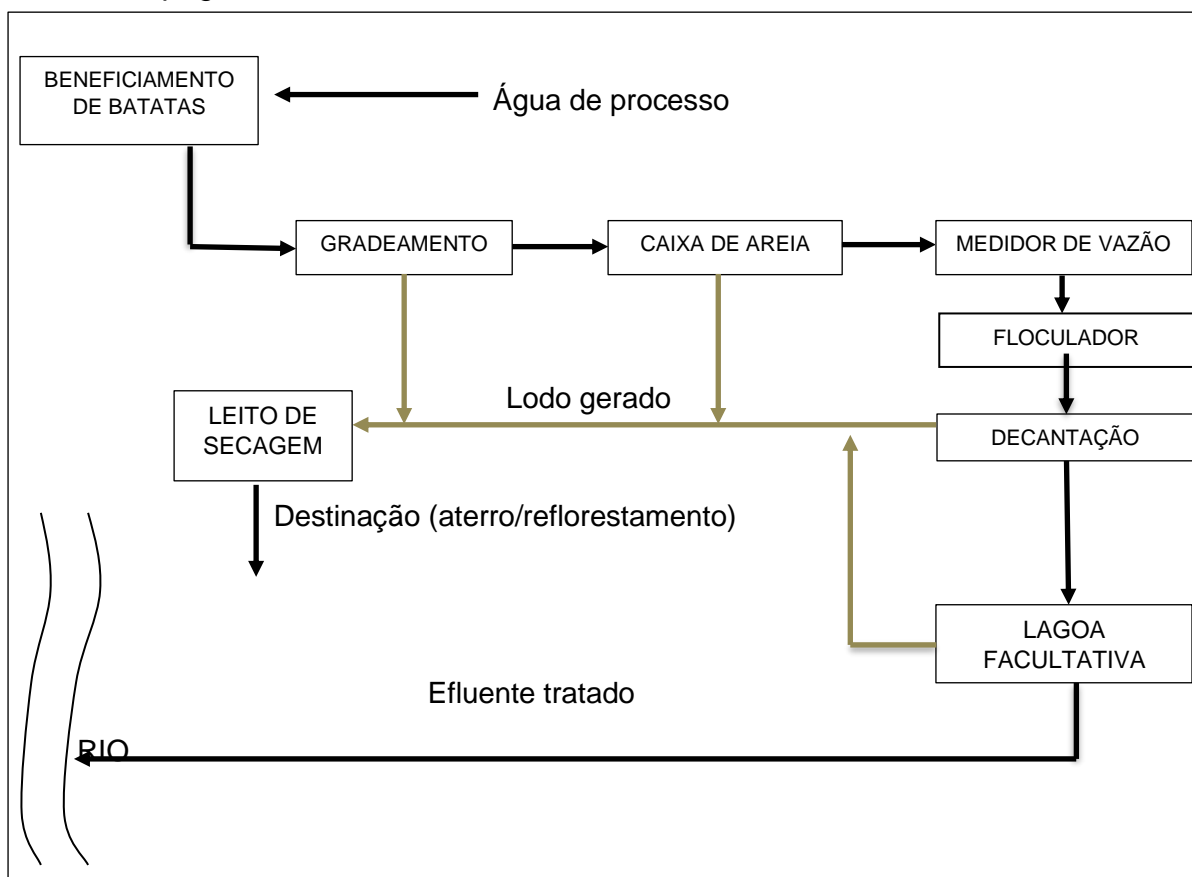
É fundamental quando falamos em usos da água relacionarmos com a qualidade, para manter a fauna e flora existentes em um dado curso de água, de maneira que não sofram alterações sensíveis, pois qualquer mudança em um dos parâmetros físico-químicos irá modificar a distribuição dos organismos vivos ali presentes (DERISIO, 2012).

É importante destacar que a empresa estudada lança o seu efluentes durante alguns anos, sem adotar qualquer tipo de tratamento para sanar o problema apresentado. Logo, percebeu-se quando realizada a pesquisa *in loco* que o curso hídrico já se encontra degradado e com possíveis contaminações de agrotóxicos, e não foi vista qualquer espécie de peixe naquele curso.

Então, a realização da pesquisa tem como objetivo propor um fluxograma, a fim de sintetizar as etapas do sistema de tratamento de efluente proposto. Considerando que o problema apresentado é quanto ao valor de turbidez, DBO, DQO e fósforo que resultaram em desacordo com o permitido pelas legislações. Como não foi realizado testes de toxicidades, não será considerado neste sistema questões relacionadas a agrotóxicos, só foram descritas possíveis contaminações, mas nada comprovado. Diante da relação $DQO/DBO = 924/124$, o valor obtido é maior que 5, logo o processo químico que deve ser utilizado no sistema de tratamento.

Segue o fluxograma proposto (Figura 2):

Figura 2 – Etapas do sistema de tratamento do efluente (Ajustar a figura para ficar em uma única página)



Fonte: Dados do pesquisador (2019).

Seguindo a linha do fluxograma, tem-se um sistema de tratamento físico-químico do efluente, que é usado para poluentes que não podem ser removidos por processos biológicos convencionais. O método físico de tratamento é responsável pela remoção de sólidos flutuantes de dimensões grandes, de sólidos em suspensão, areias. E o método químico é responsável pela remoção de cor, turbidez, metais pesados, entre outros parâmetros (ALMADA, 2008). São necessários passar por todas as etapas para o lançamento do efluente no corpo hídrico. O efluente gerado é composto basicamente por água e solo.

Considerações Finais

A lavagem dos tubérculos consome grande volume de água, podendo causar prejuízos ao meio ambiente tanto pelo consumo excessivo de água, quando pelo lançamento inadequado do efluente.

O efluente da atividade de beneficiamento de batata analisado encontra-se fora dos padrões das legislações vigente, pois existem parâmetros físico-químicos que não atendem as normas regulatórias. E, através de estudos bibliográficos foram descritos alguns princípios ativos de agrotóxicos identificados no efluente, quando submetido a análise. É dever do órgão legislador exigir as análises de resíduo de agrotóxicos para este tipo de atividade, pois somente com a análises físico-químicas não se pode mensurar todas as substâncias que estão sendo lançadas no corpo hídrico.

O resultado da pesquisa foi satisfatório, mas também preocupante, pois a empresa lança o efluente e sabe os danos que vem causando para aquele curso de água, mas não toma nenhuma atitude diante do fato. Então, sugere-se o sistema de tratamento de efluente, para que os sólidos fiquem retidos, e não cheguem ao corpo hídrico, pois a exposição a este efluente ocasiona uma serie de desequilíbrios no ambiente aquático. Dessa forma, recomenda-se a realização de análise de resíduos de agrotóxicos para um melhor dimensionamento do sistema de tratamento.

Referências

ALMADA, Rafael Barreto. **Processos físico-químicos acoplados para tratamento de efluente industrial para fins de reuso**. 2008. 141f. Dissertação (Mestre em Ciências em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.

ANVISA. **Agrotóxicos**. 2016. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/agrotoxicos>. Acesso em: 20 set. 2019.

ARRUDA, Cassiana Ramos. **Análise das etapas do processamento de batata chips**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) - Universidade Católica de Goiás.

BAGGIOTTO, Carine. **Avaliação toxicológica do efluente de uma indústria de beneficiamento de batatas utilizando *Cyprinus carpio* como bioindicador**. 2017. 84f. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2017

BIGOGNO, Rodrigo Gonçalves. **Quitosana quaternizada para o tratamento de turbidez em efluentes**. 2016. 64f. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Campos dos Goytacazes, 2016.

BRAILE, Pedro Márcio. **Despejos industriais**. 1 ed. Rio de Janeiro: Freitas Barros, 1971. 254p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 mar. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 maio 2011.

BRASIL. Decreto-lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 abril 2011.

CARVALHO, Nathália Leal; PIVOTO, Thiago Salbego. **Ecotoxicologia: conceitos, abrangência e importância agrônômica**. Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM, Santa Maria, v. 2, n 2, p. 176-192, mar. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/2315/1598>. Acesso em: 21 set. 2019.

CISAM-SUL. **Guia de coleta de água para consumo humano microbiológico & físico químico**. Orleans: CISAM, 2015. 10p.

D'ANGELO, Pedro. **Pesquisa quantitativa e pesquisa qualitativa: qual a diferença?**. Disponível em: <https://blog.opinionbox.com/pesquisa-quantitativa-e-pesquisa-qualitativa-qual-a-diferenca/>. Acesso em: 11 jul. 2019.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 223 p.

EMBRAPA. **A cultura da batata**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/batata>. Acesso em: 23 set. 2019.

IBGE. **Pedras Grandes**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/pedras-grandes/panorama>. Acesso em: 02 jul. 2019.

JARDIM, Arnaldo; YOSHIDA, Consuelo; MACHADO FILHO, José Valverde. **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Barueri, SP: Manole, 2012.

JARDIM, Wilson F.; CANELA, Maria Cristina. **Fundamentos da oxidação química no tratamento de efluentes e remediação de solos**. [S.l.: s.n.], 2004. Disponível em: <http://lqa.iqm.unicamp.br/cadernos/caderno1.pdf>. Acesso em: 26 set. 2019.

MARTINS, Everton. **Estudo de caso: como elaborar um para seu tcc e trabalhos acadêmicos**. 2019. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/estudo-de-caso-para-tcc/>. Acesso em: 11 jul. 2019.

MONTANO, Juliano. **Principais parâmetros de análise de efluentes para lançamento em corpos d'água**. 2017. Disponível em: <http://ambientesst.com.br/principais-parametros-de-analise-de-efluentes/>. Acesso em: 01 jul. 2019.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. **Indústrias descartam seus efluentes de forma incorreta na natureza**. 2014. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/industrias-descartam-seus-efluentes-de-forma-incorreta-na-natureza/>. Acesso em: 15 set. 2019.

RODRIGUES, Michele Carvalho da Silva. **Avaliação e adequação da lavagem no beneficiamento da batata**. 2011. 87f. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

COMPARATIVO DE CUSTO E DIMENSIONAMENTO PARA SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO: HIDRANTE COM MANGUEIRA FLEXÍVEL E MANGUEIRA SEMIRRÍGIDA

Moniky Ignêz de Bona Soares¹; Júnior Serafim Corrêa²; Júlio Preve Machado³;
Bruno de Pellegin Coan⁴

¹Engenharia Civil. UNIBAVE. monikysoares@outlook.com

²Engenharia Civil. UNIBAVE. junior.correa@unibave.net

³Engenharia Civil. UNIBAVE. juliopreve@hotmail.com

⁴Engenharia Ambiental e Sanitária. UNIBAVE. brunocoan@gmail.com

Resumo: O princípio da segurança contra incêndio está fundamentado em minimizar o risco à vida e reduzir os danos patrimoniais. A NBR 13.714 (2000) determina as condições exigíveis para dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio, bem como as características, dos componentes de sistemas de hidrantes e de mangotinhos para uso exclusivo de combate a incêndio. Embasado nas instruções normativas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, IN003 (2014) e IN007(2017), o presente trabalho teve como objetivo comparar os custos, baseado no dimensionamento, de ambos os SHP's para uma edificação escolar existente, localizada na cidade de Orleans/SC. Através dos requisitos técnicos exigidos pela IN007 (2017) e dos procedimentos de cálculo da IN007 (2014), ambos os sistemas foram dimensionados e orçados. O custo dos componentes e do conjunto motobomba do sistema de mangueira semirrígida se mostraram mais elevados do que os do sistema convencional, acarretando uma elevação de 14,88% no custo total.

Palavras-chave: Combate a incêndio. Segurança. Usabilidade.

Introdução

Incêndios, quando não combatidos, podem causar grandes catástrofes, como desastres ambientais e destruição de patrimônio, causando impactos culturais e econômicos, contudo, o maior dano causado por um incêndio é a perda de vidas humanas (MARTINS, 2017, p. 23). O fogo é uma reação química derivada de três componentes: combustível, comburente e calor, juntos numa reação em cadeia (BAUMEL E SIMIANO, 2013). Assim, para a extinção de um incêndio, deve-se eliminar ou neutralizar pelo menos um dos elementos essenciais da combustão, representados pelo tetraedro do fogo” (ROSA, 2015, p. 20).

Os sistemas hidráulicos preventivos (SHP's) funcionam como um método de extinção do incêndio por resfriamento, tendo em vista que proporciona o arrefecimento do combustível, possibilitando a eliminação do calor (ROSA, 2015).

No Brasil, a partir das décadas de 70 e 80, após grandes incêndios na cidade de São Paulo, nos edifícios Andraus (1972), Grande Avenida (1981) e Joelma (1974), na cidade do Rio de Janeiro, no edifício Andorinha (1986) e, em Porto Alegre, nas Lojas Renner (1976), percebeu-se a necessidade do emprego de medidas de combate e prevenção de incêndios (BELEM; RODRIGUES, 2015).

No ano de 2013 ocorreu uma tragédia de grande impacto na história do Brasil, em Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul, o incêndio na Boate Kiss deixou 242 mortos. Esse acontecimento resultou na criação da Lei Nº 13.425, de 30 de março de 2017, que estabelece diretrizes gerais sobre as medidas de prevenção e de combate a incêndio e desastres em estabelecimentos comerciais, edificações e áreas de grande concentração de público (PLANALTO, 2017). Desta forma, é notório o fato que ainda há o que melhorar com relação ao combate e à prevenção de incêndios.

Os SHP's são um conjunto de equipamentos e instalações que permitem o armazenamento, transporte e lançamento de água, sendo de extrema importância nas edificações, visando o combate e controle do incêndio, a fim de extingui-lo. Os SHP's podem ser classificados em dois tipos: hidrantes com mangueiras flexíveis (hidrantes convencionais), e hidrantes com mangueira semirrígida (mangotinhos). Estes sistemas são considerados sistemas fixos de combate ao incêndio que funcionam sob comando com a liberação de um jato de água, este jato de água possui uma vazão calculada e compatível ao risco da edificação. Os sistemas com mangueiras flexíveis consolidaram-se em detrimento dos hidrantes tipo mangotinho. A baixa utilização deste último pode estar relacionada a questões culturais, fazendo com que suas vantagens passem despercebidas ao olhar de muitos projetistas (CAPASSO, 2006).

A principal vantagem do mangotinho é a agilidade na sua utilização, esta característica torna o sistema relevante, uma vez que o tempo é um fator vital no tocante ao combate ao incêndio. Sua operação é mais fácil, rápida e simples quando comparada ao sistema de hidrante convencional. Quando a extinção do incêndio é feita rapidamente, elevam-se as chances de preservação de vidas e diminuem os impactos negativos causados. O sistema de mangueira semirrígida se mostra mais eficaz no combate ao princípio de incêndio em relação ao sistema consolidado atualmente devido à notória redução no tempo de ação (BRENTANO, 2007).

O objetivo principal deste trabalho é realizar o comparativo de custo de instalação entre os sistemas hidráulicos preventivos com mangueira flexível e semirrígida, acionados através de bombeamento, para uma edificação escolar

existente localizada em Orleans/SC. Para isso, foram traçados como objetivos específicos, dimensionar os sistemas hidráulicos preventivos; comparar os parâmetros técnicos obtidos nos dois modelos; comparar os custos empregados no sistema instalado com hidrantes convencionais e o proposto com mangotinhos.

Procedimentos Metodológicos

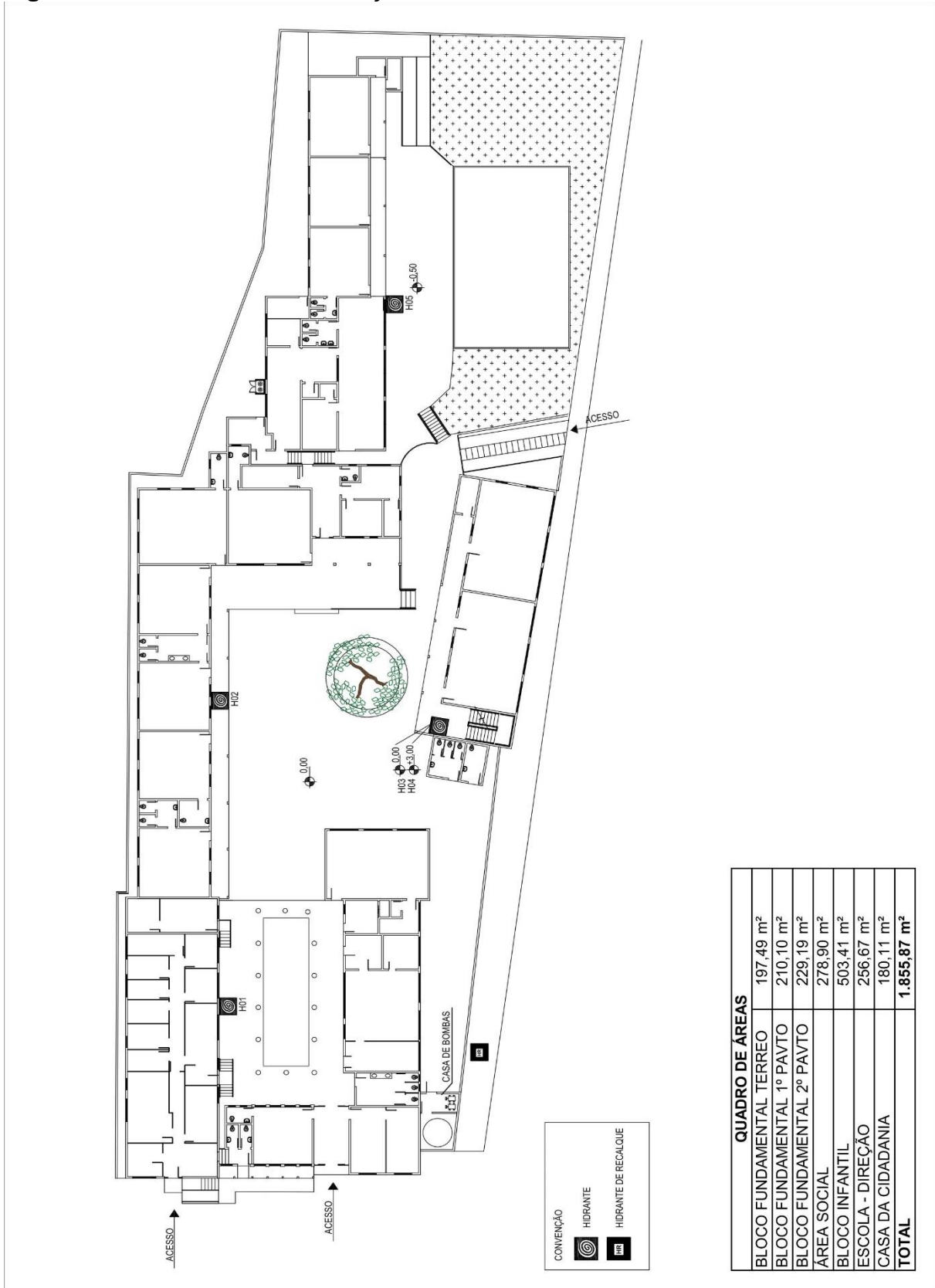
O presente trabalho apresenta um estudo de caso baseado na avaliação específica de um SHP instalado em uma edificação escolar. Para Gil (2002), esta é uma modalidade de pesquisa que consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

Quanto a abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa e qualitativa. Quantitativa pois números são organizados para facilitar a compreensão dos dados obtidos (GIL, 2002). Qualitativa, devido a interpretação e descrição dos resultados obtidos com a pesquisa quantitativa (SILVA; MENEZES, 2005).

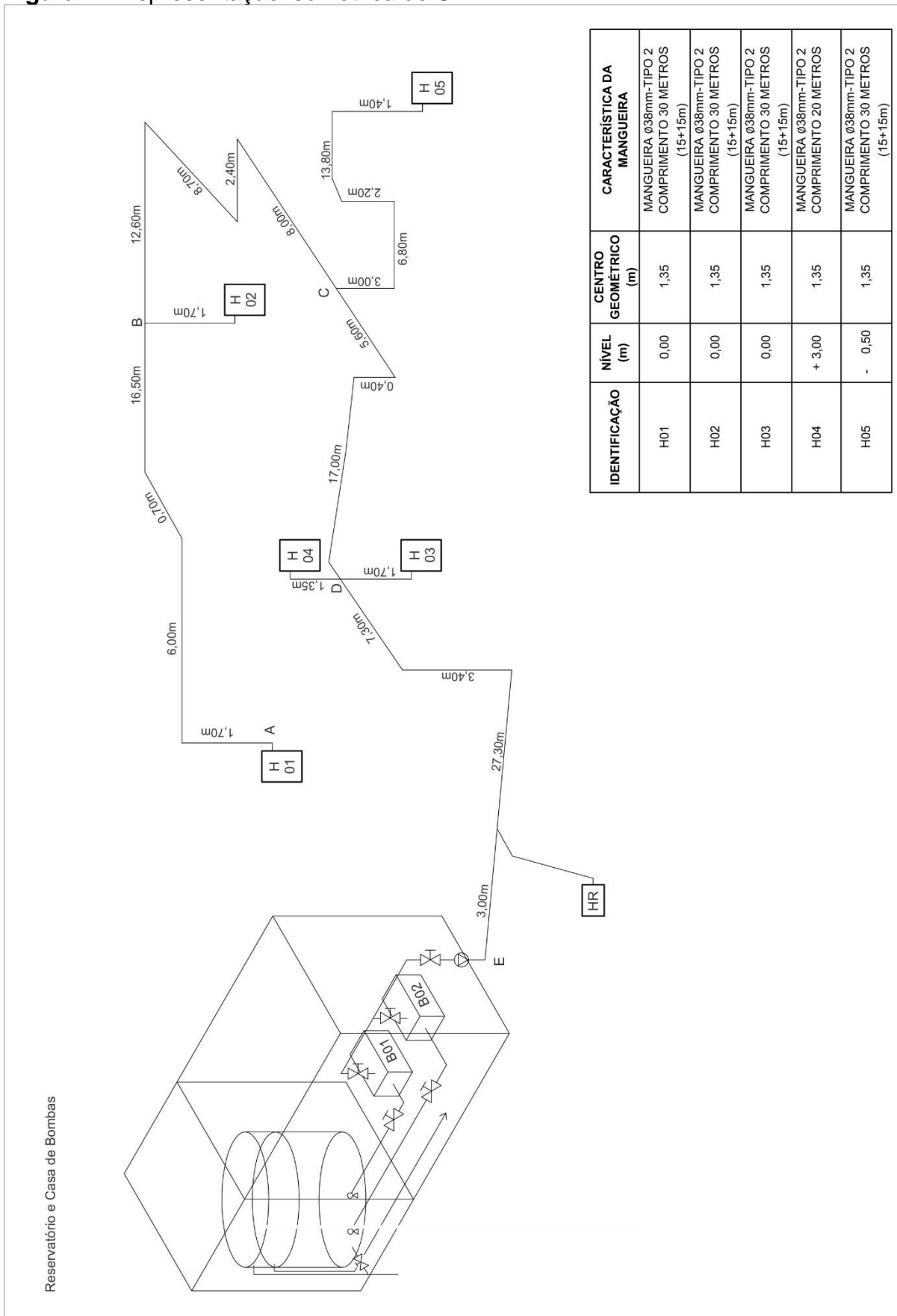
Para o dimensionamento dos sistemas, foram utilizadas no embasamento a IN007 (2014) (não vigente), devido à sua memória de cálculo detalhada, e IN007 (2017) (vigente) do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, bem como a NBR 13.714 (2000). Com o auxílio de planilha eletrônica, do Microsoft Excel, foi efetuado o dimensionamento e realizada a análise dos parâmetros obtidos com intuito de verificar as diferenças técnicas e econômicas entre os sistemas: mangueira semirrígida e mangueira flexível (já instalado na edificação estudada).

A edificação em estudo trata-se de um ambiente escolar localizado no centro da cidade de Orleans/SC que possui uma área total construída de 1.855,67 m² e é caracterizada como risco leve de incêndio devido ao tipo de ocupação e a carga de incêndio ideal inferior a 60 Kg/m². A planta baixa do pavimento térreo é apresentada na Figura 1. A edificação dispõe de SHP contendo cinco hidrantes de mangueira flexível que são abastecidos por um sistema de bombeamento, conforme detalhe isométrico da Figura 2. Assim, seguindo as normativas, são considerados três hidrantes em uso simultâneo, sendo o H4 como o hidráulicamente menos favorável.

Figura 1 - Planta baixa da edificação.



Fonte: Unibave (2019).

Figura 2 - Representação isométrica do SHP.


Fonte: Unibave (2019).

Dimensionamento do sistema com hidrantes

A primeira etapa do dimensionamento foi para a obtenção da pressão dinâmica mínima necessária para o hidrante menos favorável. A partir da IN007/2017 (CBM-SC), sabe-se que a vazão mínima exigida pela norma para o hidrante convencional é de 70 L/min. Com estes dados e com base na Tabela 1 para a determinação dos diâmetros de mangueiras e esguichos de hidrantes, foi obtida a pressão para o sistema através da Equação 1.

Tabela 1 – Diâmetros de mangueiras flexíveis e requinte.

Risco	Diâmetro Mangueiras	Diâmetro Requite
Leve	38 mm (1 ^{1/2} "	13 mm (1/2")
Médio e Elevado	63 mm (2 ^{1/2} "	25 mm (1")

Fonte: IN007 (2014), CBM-SC.

$$Q = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Q = vazão (l/min);

d = diâmetro mínimo do requinte do esguicho (mm);

H = pressão dinâmica mínima (m.c.a.).

A segunda etapa do dimensionamento diz respeito a definição das perdas de carga do sistema. Considerando que a mangueira possui diâmetro de 38 mm, como visto na Figura 5, e a tubulação é constituída de aço galvanizado de diâmetro de 63 mm, para o cálculo das perdas de carga unitária foram adotadas as equações reduzidas derivadas da equação de Hazen-Williams (Equação 2).

$$J = \frac{10,65 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

J= Perda de carga unitária na tubulação (m/m);

Q= Vazão (m³/s);

C= Coeficiente de rugosidade;

D= Diâmetro interno do tubo (m).

Efetuiu-se o cálculo da perda de carga no esguicho e na mangueira para o por meio das Equações 3 e 4.

$$J_e = 0,0396 \times H \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

J_e = perda de carga no esguicho (m.c.a.);

H = pressão dinâmica (m.c.a.).

$$J_m = 9399,38 \times Q^{1,85} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

J_m = perda de carga unitária na mangueira (m/m);

Q = vazão (m³/s).

Posteriormente, calculou-se a perda de carga na tubulação por meio da Equação 5 (tubulações de 63 mm) e Equação 6 (tubulações de 75 mm).

$$J_t = 1065,88 \times Q^{1,85} \quad \text{Equação 5}$$

$$J_t = 455,98 \times Q^{1,85} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

J = perda de carga unitária da tubulação (m/m);

Q = vazão (m³/s).

A partir disso, foram definidas as pressões necessárias no hidrante menos favorável (H4) e a pressão necessária no ponto “D”. Determinou-se a vazão nos hidrantes mais favoráveis por meio da Equação 1, e a pressão no ponto “E”. Sabendo-se que para a edificação em estudo, conforme já citado, a norma exige que três hidrantes devem ser considerados em funcionamento simultâneo, e que o diâmetro da tubulação de aço galvanizado é de 63 mm, encontrou-se a vazão estimada para a bomba e as perdas de carga de recalque e de sucção por meio da Equação 7.

$$h_f = J \times (L + L_v) \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

h_f = perda de carga total na tubulação de recalque ou sucção (mca);

L = comprimento real da tubulação de recalque ou sucção (m);

L_v = comprimento virtual da tubulação de recalque ou sucção (m);

J = perda de carga unitária da tubulação de recalque ou sucção (m/m).

Posteriormente, determinou-se a altura manométrica total para o hidrante menos favorável utilizando a Equação 8.

$$H_{man} = H_g + h_{fs} + h_{fr} + P \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

H_{man} = altura manométrica (m.c.a.);

H_g = altura geométrica (m.c.a.);

h_{fs} = perda de carga total na sucção (m.c.a.);

h_{fr} = perda de carga total no recalque (m.c.a.);

P = pressão requerida no hidrante menos favorável (m.c.a.).

Conhecendo a vazão necessária na bomba calculou-se a potência da bomba, por meio da Equação 9, considerando o funcionamento de três hidrantes em uso simultâneo.

$$P_b = \frac{0,37 \times H_{man} \times Q_b}{\eta} \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

P_b = potência da bomba (cv);

H_{man} = altura manométrica (m.c.a.);

Q_b = vazão da bomba (m³/h);

η = rendimento do conjunto moto-bomba (%);

0,37 = constante para adequação das unidades e do peso específico da água.

Os resultados obtidos auxiliaram no processo de escolha da bomba. É imprescindível efetuar o dimensionamento da reserva técnica de incêndio (RTI), o artigo 48 da IN007/2017 determina o volume mínimo da RTI com base na classe de risco e na área total da edificação, conforme Tabela 2. Considerando a classe de risco da edificação em questão, a RTI mínima é de 5 m³, entretanto, foi necessário efetuar

o cálculo por meio da Equação 10, com intuito de analisar o critério de maior segurança.

Tabela 2 – Volume mínimo da RTI

Risco de incêndio	Área ≤ 2.500m ²	2.500m ² < Área ≤ 5.000m ²	5.000m ² < Área ≤ 10.000m ²	10.000m ² < Área ≤ 25.000m ²	25.000m ² < Área ≤ 50.000m ²	Área > 50.000m ²
Leve	RTI = 5m ³	RTI = 10m ³	RTI = 15m ³	RTI = 20m ³	RTI = 25m ³	RTI = 30m ³
Médio	RTI = 18 m ³	RTI = 36 m ³	RTI = 54 m ³	RTI = 72m ³	RTI = 90m ³	RTI = 108m ³
Elevado	RTI = 36m ³	RTI = 72 m ³	RTI = 108m ³	RTI = 144m ³	RTI = 180m ³	RTI = 216m ³

Fonte: IN0007 (2017), CBM-SC, p.10.

$$RTI = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H} \times (30 + (2 \times N1)) \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

RTI = Volume da RTI (m³);

d = diâmetro mínimo do requinte do esguicho (mm);

H1 = Altura manométrica do hidrante mais favorável até o nível inferior da RTI (m.c.a.);

N1 = Número de hidrantes excedentes a quatro.

Dimensionamento para o sistema com mangotinhos

A partir da IN007/2007 (CBM-SC), sabe-se que a vazão mínima exigida pela norma para o hidrante de mangueira semirrígida é de 80 L/min. Primeiramente foi necessária a obtenção da pressão dinâmica mínima para o hidrante menos favorável, entretanto, não é possível obter esta variável por meio da Equação 1, haja vista que o mangotinho possui um esguicho regulável, necessitando de uma pressão dinâmica maior, quando comparada a do hidrante convencional.

Conforme relatado por Pereira (2019), o procedimento para cálculo disposto na NBR 13.714/2000 e na IN007 do Corpo de Bombeiros Militar para o sistema de mangotinhos é similar ao sistema do hidrante convencional, entretanto, as normativas não trazem uma memória de cálculo detalhada relacionada a ele. Sendo assim, encontrou-se dificuldade para efetuar o correto dimensionamento do sistema de mangueira semirrígida. Diante das divergências encontradas nas metodologias analisadas, decidiu-se contatar os fornecedores para receber as informações técnicas precisas sobre os componentes dos sistemas de mangotinhos. A empresa Segurimax

disponibilizou a ficha técnica do mangotinho que apresenta a relação entre pressão e vazão (Tabela 3).

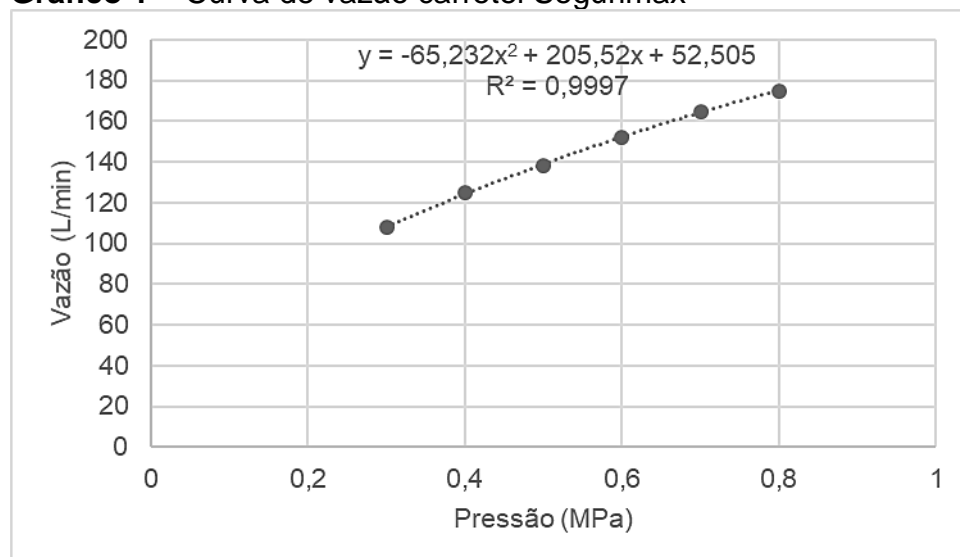
Tabela 3 – Relação entre pressão e vazão do carretel Segurimax

Pressão	Vazão (litro/min)	
	Enrolada	Desenrolada
0,3 MPa	108,12	109,25
0,4 MPa	124,88	125,22
0,5 MPa	138,35	138,92
0,6 MPa	152,20	152,63
0,7 MPa	164,90	165,63
0,8 MPa	174,97	175,97

Fonte: Adaptado, Segurimax, s.d.

Através da Tabela 3, foi gerado um gráfico em planilha eletrônica do Microsoft Excel. Assim, uma linha de tendência e uma equação foram obtidas, como pode ser observado no Gráfico 1. Como a tabela do fornecedor iniciava com uma vazão de 108,12 L/min, o polinômio de segundo grau gerado foi utilizado para encontrar a pressão necessária na entrada do mangotinho menos favorável para que a vazão mínima de 80 L/min fosse atendida. Com esse resultado, utilizou-se a Equação 1 para definir um diâmetro equivalente para o esguicho regulável do mangotinho. Esta equivalência possibilitou o cálculo da vazão nos demais mangotinhos.

Gráfico 1 – Curva de vazão carretel Segurimax



Fonte: Adaptado Segurimax, 2019.

Os demais passos seguiram a metodologia apresentada para o sistema com hidrantes, iniciando-se pela Equação 5.

Pesquisa de custos

A partir do dimensionamento dos sistemas, baseado no projeto preventivo da edificação disponibilizado pelo Centro Universitário Barriga Verde (UNIBAVE), foi realizado um orçamento para o sistema de mangueira semirrígida, e atualizado o orçamento para o sistema de mangueira flexível com a mesma empresa que executou a instalação deste no local. Os valores considerados para os custos da casa de bombas e do reservatório foram os custos reais dispendidos pela UNIBAVE para a execução do projeto.

Resultados e Discussão

Análise dos parâmetros técnicos

De acordo com o dimensionamento realizado para os dois SHP's, os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultado do dimensionamento do SHP.

Cálculo Geral		
Descrição	Hidrante	Mangotinho
Vazão mínima no esguicho (L/min)	70,00	80,00
Pressão dinâmica mínima (m.c.a.)	4,10	-
Perda de carga no esguicho (m.c.a.)	0,16	-
Perda de carga na mangueira (m.c.a.)	0,71	-
Perda de carga na tubulação do bocal (m.c.a.)	0,06	-
Pressão necessária no H4 (m.c.a.)	5,03	15,00
Pressão necessária no ponto "D" (m.c.a.)	5,08	15,07
Vazão nos hidrantes/mangotinhos mais favoráveis (L/min)	92,13	86,80
Vazão no trecho "D" – "E" (L/min)	276,40	260,41
Pressão necessária no ponto "E" (m.c.a.)	7,68	17,39
Cálculo da Bomba		
Vazão estimada da bomba (L/min)	276,40	260,41
Perda de carga no recalque (m.c.a.)	8,55	18,18
Perda de carga na sucção (m.c.a.)	0,64	0,57
Altura geométrica (m)	4,35	4,35
Altura manométrica total (m.c.a.)	13,54	23,09
Vazão necessária da bomba (m ³ /h)	16,58	15,62
Potência calculada (cv)	1,66	2,67
Potência adotada (cv)	2,00	4,00
RTI calculada (m ³)	2,95	2,78
RTI adotada (m ³)	5,00	5,00

Fonte: Autor, 2019.

Ao analisar a IN007 (2017) percebe-se que a norma estabelece uma vazão mínima maior para o sistema de mangotinho quando comparada a do sistema de

mangueira flexível, tendo em vista que ele possui esguicho regulável, que acaba aumentando a perda de carga na rede. Por meio da vazão do hidrante flexível, adotando-se um diâmetro de 13 mm para o esguicho, obteve-se uma pressão necessária de 4,10 m.c.a., já para o mangotinho, através do material disponibilizado pelo fornecedor, considerou-se 15 m.c.a. a pressão necessária no mangotinho, e com a vazão mínima, obteve-se um diâmetro equivalente de 10 mm para o esguicho.

No dimensionamento da bomba, percebe-se que a perda de carga no trecho de recalque do sistema de mangotinhos é superior ao convencional, enquanto o trecho de sucção mostrou pequena diferença em favor do mangotinho. A altura manométrica total encontrada no sistema de mangueira semirrígida foi 70,53% maior do que no sistema de mangueira flexível. A vazão estimada da bomba, com três hidrantes em funcionamento simultâneo, para a rede de mangotinhos se mostrou 6% menor do que a vazão na rede flexível, em consequência, a RTI calculada apresentou a mesma relação. A potência da bomba foi calculada obtendo-se 2 cv para o sistema convencional, e 3 cv para o sistema de semirrígido. Entretanto, optou-se por determinar a potência do conjunto motobomba através dos valores da altura manométrica total e vazão, seguindo as indicações da Tabela 5 repassada pelo fornecedor. Seguindo este critério, a potência necessária para o sistema flexível foi de 2 cv, enquanto o sistema semirrígido necessitou de 4 cv.

Tabela 5 – Relação altura manométrica total e vazão para definição da potência da bomba.

Motobomba centrífuga monoestágio Thebe THLI-13														
Cv	Estágio	Rotor (mm)	Altura manométrica total em metros (m.c.a.)											Altura máxima
			6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	
			Vazão - metros cúbicos por hora											
1,2	1	95 x 13	36.0	31.0	24.0	14.0	0							13.0
2	1	104 x 13	43.5	39.5	34.5	29.0	22.0	10.0	0					16.5
3	1	118 x 13		48.0	46.0	42.5	38.5	34.0	28.0	20.0	10.0	0		23.0
4	1	125 x 13		54.0	51.5	48.7	47.8	42.0	38.0	33.0	27.0	18.0	3.0	26.2

Fonte: Adaptado de Thebe bombas hidráulicas, s.d.

Comparativo de Custos

A partir dos parâmetros técnicos, realizou-se uma pesquisa orçamentária a fim de realizar o comparativo de custos entre os dois sistemas em questão. Os resultados obtidos estão explícitos na Tabela 6.

Tabela 6 – Comparativo de custos.

Recurso	Sistema	
	Hidrante	Mangotinho
Casa de bombas	R\$ 15.456,75	R\$ 15.456,75
Componentes	R\$ 16.565,69	R\$ 20.391,92
Conjunto motobomba	R\$ 14.150,00	R\$ 18.500,00
Mão de obra	R\$ 5.990,00	R\$ 5.990,00
Reservatório	R\$ 2.800,00	R\$ 2.800,00
Total	R\$ 54.962,44	R\$ 63.138,67

Fonte: Autor, 2019.

A análise dos resultados mostra que os custos com a construção da casa de bombas, com o serviço de mão de obra e com o reservatório são equivalentes. Nota-se que as diferenças estão relacionadas ao custo dos componentes, uma vez que os custos do abrigo do mangotinho e da mangueira semirrígida são mais elevados, e do conjunto motobomba, tendo em vista que foi necessária uma bomba com maior potência, e conseqüentemente, tornando-a mais onerosa.

Ao comparar o resultado da Tabela 6 com o estudo de Martins (2017), vê-se que o sistema de mangueira semirrígida proposto por ele se mostrou mais favorável economicamente, tendo em vista que os sistemas tanto de hidrante quanto de mangotinho só atenderam os requisitos normativos com o auxílio de conjunto motobomba. Entretanto, neste estudo para a edificação escolar, apesar de o mangotinho não ser considerado o mais barato, o custo não se mostrou tão elevado, apresentando uma diferença de 14,88% em favor do sistema convencional, quando se compara ao estudo realizado por Pereira (2019), onde o custo de mangotinho se mostrou 110,36% superior ao sistema convencional. Na comparação de Pereira (2019), o sistema de mangueira flexível gravitacional atendia os requisitos normativos, enquanto o sistema de mangueira semirrígida necessitava de bombeamento, acarretando numa variação de custo mais elevada na comparação.

Considerações Finais

A Instrução Normativa 001 (2015) do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina estabelece as Normas para Segurança Contra Incêndio e Pânico (NSCI) com a finalidade de padronizar os requisitos mínimos de segurança contra incêndio e pânico e conta com o auxílio do CBM-SC para a fiscalização do seu cumprimento nas edificações em que o PPCI é exigido. Essa IN, entre outras providências, define as situações em que o SHP é exigido.

Como visto anteriormente, a IN007 (2017) classifica o SHP em dois tipos: mangueira flexível e mangueira semirrígida; e apresenta na versão de 2014, de forma detalhada, o procedimento para dimensionamento apenas para o sistema de hidrante flexível, dificultando o trabalho do projetista que escolhe o sistema de mangotinho, como no caso deste trabalho. O mangotinho fica sempre conectado ao seu esguicho, e por possuir mangueira com diâmetro menor, facilita a sua utilização por parte do operador, enquanto o sistema hidrante com mangueira flexível possui peças específicas que precisam ser montadas no momento do incêndio, tornando sua utilização mais complexa. O tempo é um fator muito importante quando se fala em incêndio, em poucos segundos os impactos podem ser catastróficos.

Neste estudo, ambos os sistemas atenderam ao requisito normativo. Assim, percebeu-se na comparação que não houve grande variação entre os parâmetros técnicos e econômicos dos sistemas. O sistema de mangotinho exigiu uma potência maior para as bombas, o que acaba elevando o custo do sistema, entretanto, nota-se que a diferença total não é tão significativa quando se compara com o valor global de uma obra. Vale salientar que o mangotinho simplifica o combate ao incêndio devido à facilidade de manuseio do sistema, podendo eliminar o foco do incêndio em pouco tempo. Ressalto que os projetos preventivos contra incêndio devem priorizar sempre a segurança, quanto mais rápida a ação, menor são os impactos.

Mediante ao exposto, concluo que a norma e o Corpo de Bombeiros Militar devem incentivar o uso do mangotinho em edificações que apresentem risco leve de incêndio devido a questão da segurança proporcionada por este tipo de método. Por fim, cabe salientar que o custo não pode ser um fator decisivo quando se fala em risco de vidas humanas.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13714: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**. Rio de Janeiro, 2002.

BAUMEL, L.F.S.; SIMIANO, L.F. **Manual de Prevenção e Combate a Princípios de Incêndio**. Módulo VI. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Paraná. Paraná, 2013.

BELEM, C.P.; RODRIGUES, E.E. **Adequação do plano de prevenção e proteção conta incêndio (PPCI) de uma edificação existente à nova legislação estadual do Rio Grande do Sul**. 2015. Especialização (em Engenharia de Segurança do

Trabalho) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo, 2015.

BRENTANO, T.; **Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações**. 3 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 450p.

CAPASSO, W.F.C. **Segurança contra incêndio em edificações: estudo comparativo de sistemas de combate a incêndio com hidrantes e mangotinhos**. 2006. 134 f. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, 2006.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. Editora Atlas. São Paulo, 2002.

MARTINS, E.H. **Proposta de metodologia para a seleção do sistema hidráulico fixo de combate manual a incêndios em edificações**. 2017. Dissertação (Mestrado em Habitação: Ciência e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, 2017.

MENEZES, E.M.; Silva, E.L. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 2005. 4ª ed. Florianópolis. 2005.

NORMAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS CORPO DE BOMBEIROS. **IN001: Da atividade técnica**. Santa Catarina, 17 de abril de 2015.

NORMAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS CORPO DE BOMBEIROS. **IN003: Carga de Incêndio**. Santa Catarina, 28 de março de 2014.

NORMAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS CORPO DE BOMBEIROS. **IN007: Sistema Hidráulico Preventivo**. Santa Catarina, 01 de agosto de 2017.

PLANALTO. **Lei Nº 13.425**, de 30 de março de 2017. Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público, Brasília, DF, mar 2017. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2017/lei-13425-30-marco-2017-784547-publicacaooriginal-152268-pl.html>>. Acesso em 22 mai. 2019.

PEREIRA, B.S.; **Comparação entre o sistema de hidrantes e o sistema de mangotinhos: conforme exigências da IN 007/2017 – CBMSC para uso em edificações residenciais privativas multifamiliares**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina.

ROSA, R.C. **Apostila prevenção e combate a incêndio e primeiros socorros**. 2015. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFRS, Porto Alegre, 2015.

SEGURIMAX. **Ficha técnica do carretel**. S.d.

THEBE BOMBAS HIDRÁULICAS. **Catálogo de produtos**. S.d.

EFEITO DA GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E NA FLEXÃO DE PLACAS CIMENTÍCIAS PENSADAS A SECO

Camila Lopes Eckert¹; Daniel Magagnin²; Deivid Mazon Carboni³; Glaucea Warmeling Duarte⁴; Márcia Espindola Moraes⁵; Solange Vandresen⁶

¹engenharia Civil. Centro Universitário Barriga Verde. camila.lopes@unibave.net

²Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde. magagnind@gmail.com

³ Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde.
deivid.carboni@hotmail.com

⁴NUTEC. Centro Universitário Barriga Verde. gwduarte@gmail.com

⁵ Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde.
marcyaespindola@gmail.com

⁶ Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde.
Solange.vandresen@unibave.net

Resumo: O trabalho apresenta a análise do efeito da granulometria do agregado miúdo em placas cimentícias com prensagem uniaxial e sem vibração. No ensaio de resistência à flexão, a composição com 100% de agregado miúdo da fração grosso teve a maior resistência (1,9 MPa) e na fração de 100% fina teve a menor resistência (0,9 MPa). As composições com maior participação da fração grossa desenvolveram maior resistência à flexão. Já na absorção d'água, a composição do agregado miúdo da fração de 100% grosso teve menor absorção, de 12,5%, e na composição de 100% da fração fina teve maior absorção, de 16,9%. O aumento da absorção d'água para as composições de fração fina do agregado miúdo ocorreu pelo aumento da área específica mais cimento e água para cura. O resultado com maior densidade aparente foi da fração 75% grosso e 25% fina, com densidade de 2,19 g/cm³, devido ao melhor empacotamento.

Palavras-chave: Cimento. Granulometria. Agregado miúdo. Resistência.

Introdução

As placas cimentícias prensadas são produtos que podem ser utilizados de várias formas, sendo o uso como pavimento o mais difundido. Por essa aplicação, é fundamental que esse material possua desempenho mecânico adequado à sua função. As placas cimentícias são compostas basicamente pelo cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água (BAUER, 2001). O cimento (aglomerante hidráulico) com a presença de água possui a função de aglomerar os materiais.

Os agregados são utilizados para melhorar o desempenho mecânico e reduzir os custos de produção. Já os concretos secos, são caracterizados pelo alto consumo de cimento e baixo teor de partículas finas, quando comparamos com os concretos plásticos (HUSKEN; BRAW, 2008).

Contudo, podemos ressaltar os fatores que influenciam no desempenho mecânico das placas cimentícias, a saber: a) quantidade e tipo de cimento; b) quantidade de água; e; c) porosidade.

Para produzir placas cimentícias, são utilizados diferentes métodos de fabricação: a) concretos plásticos; b) prensagem a úmido e; c) prensagem a seco. Devido à maior durabilidade (originada pela maior densificação) e sua maior velocidade de produção, o método de prensagem tem atraído muita atenção (PRUDÊNCIO JUNIOR; OLIVEIRA; BEDIN, 2002). O conceito desse método de fabricação está na produção de um concreto com baixo teor de umidade, consistência quase seca e baixa coesão, que é mecanicamente conformado em equipamentos de compactação chamados de vibro compressores (PRUDÊNCIO JUNIOR; OLIVEIRA; BEDIN, 2002).

A durabilidade das placas cimentícias pode ser fortemente influenciada pela porosidade, que é considerada o parâmetro mais crítico, tendo um impacto substancial nas propriedades mecânicas dos materiais. A porosidade é dependente de vários fatores, como: o tipo de material, distribuição granulométrica dos materiais e composição. Não unicamente de sua composição, mais sim, das condições de cura e de exposição dessa placa de cimento (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Nessa perspectiva, o trabalho teve como objetivo apresentar e discutir as propriedades mecânicas de placas cimentícias com prensagem uniaxial, sem vibração, curadas ao ar livre com variação da granulométrica do agregado miúdo. Além disso, avaliar a absorção d'água das composições, a densidade aparente e a resistência à tração na flexão.

Concreto seco

Concreto seco possui baixo teor de umidade, em que a água tem função prioritária nas reações de hidratação do cimento (JUVAS, 1993). Nele, quanto mais água for adicionada dentro de um limite máximo, maior será a resistência alcançada. Isso ocorre pelo fato de que maiores quantidades de água melhoram, consideravelmente, a trabalhabilidade da mistura, diminuindo o atrito interno entre os grãos e facilitando a compactação (OLIVEIRA, 2004).

A formulação do concreto seco se baseia em teor de umidade da mistura, que varia entre 5% a 8% da massa total e não na relação água/cimento (FERNANDES, 2008).

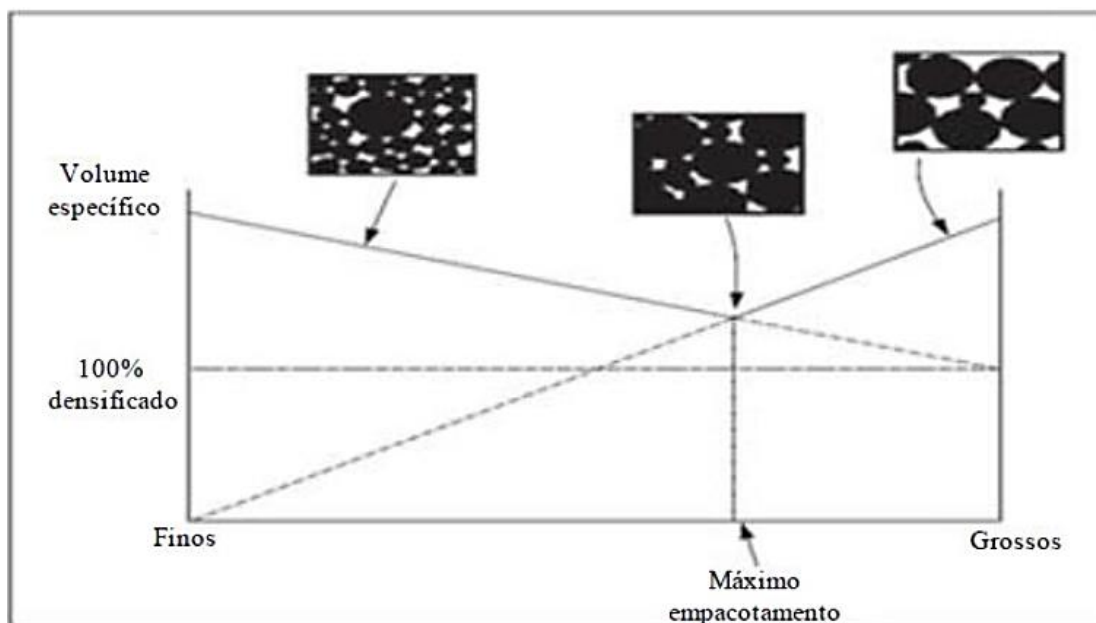
No estado fresco, o concreto seco tem como características importantes a trabalhabilidade e a coesão. A trabalhabilidade se define como a propriedade que determina o esforço mínimo exigido para manipular certa quantidade de concreto, com perda mínima de homogeneidade, dependendo do teor de umidade, do formato, da textura dos agregados e do empacotamento das partículas (DOWSON, 1980).

A coesão está relacionada à resistência, segregação e exsudação (MEHTA; MONTEIRO, 2008). No caso do concreto seco, a coesão tende a ser baixa porque as partículas de cimento não são totalmente molhadas devido à insuficiência de água. Essa propriedade tem grande influência para garantir que a peça não quebre ou sofra segregação dos agregados durante seu manuseio e depende do teor de finos, do formato e porosidade dos agregados. Com o aumento do teor de finos na mistura, pode ser melhorada a coesão da mistura, em que o responsável pela maior contribuição é o próprio cimento. Essa propriedade também depende do formato das partículas, cujas aquelas com bordas suaves e as arredondadas resultam em melhor coesão (DOWSON, 1980).

No estado endurecido do concreto seco, as características observadas são a resistência mecânica e a durabilidade. O aumento da resistência do concreto depende do tipo de cimento e do processo de cura utilizado, que devem ser adequados ao processo. A resistência mecânica está diretamente relacionada com o teor de umidade da mistura, da distribuição granulométrica dos agregados e da capacidade de compactação. Já a durabilidade do concreto está relacionada com a capacidade que se tem em resistir à ação da água no material e aos poros do concreto que, por sua vez, dependem também do teor de umidade e da compactação da mistura (DOWSON, 1980).

Granulometria/tamanho da partícula

Diversos trabalhos comprovam que, modificando a distribuição do tamanho de partículas de uma matéria-prima, podemos obter diferentes empacotamentos. Através do processo de prensagem dos materiais cerâmicos, podemos obter um melhor empacotamento com uma distribuição de tamanho de partículas adequada ao método de prensagem uniaxial sem vibração. Segundo Barbosa Junior (1997), os sistemas que possuem partículas finas e grossas possuem maior densificação, um alto empacotamento dessas partículas, caracterizando um arranjo que maximiza a ocupação de um determinado espaço pelo material, o que pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 - Sistema de empacotamento de partículas.


Fonte: Darolt (2011).

Contudo, o concreto em sua composição contém agregados de diferentes tamanhos e formas, e seu comportamento depende das propriedades que o compõem e, parcialmente, das interações entre elas (STROEVEN; STROEVEN, 1999). Dessa forma, o estudo de empacotamento de partículas ajuda no entendimento do comportamento e das características do concreto.

Além dos fatores relacionados às características das partículas, o empacotamento destas também é afetado pelas técnicas de compactação. Sua distribuição granulométrica também pode gerar empacotamento distinto, dependendo da forma de compactação (OLIVEIRA *et al.*, 2000).

Os empacotamentos das partículas podem gerar formação de poros nas peças de concreto e, também, a reatividade dos grãos que podem alterar a microestrutura conforme a evolução da reação de hidratação. Esses poros podem ser do tipo fechados ou isolados e abertos. Os fechados não possuem nenhuma ligação com o meio externo, assim como com os fenômenos de transporte. Os poros abertos têm ligação com o meio externo, mas não se conectam a nenhum outro poro (SENTONE, 2011).

Procedimentos Metodológicos

No que se refere à classificação da pesquisa, o procedimento adotado na coleta das informações foi experimental (MORESI, 2003), utilizando-se da tecnologia e recursos que a empresa Eliane disponibiliza.

Com relação à sua natureza, foi aplicada, pois objetivou gerar conhecimento prático para solucionar problemas específicos (BOAVENTURA, 2004). Quanto à abordagem, é quantitativa (GIL, 2008), pois se mostra uma pesquisa apropriada quando se existe a possibilidade de medidas quantificáveis de variáveis e inferências a partir de amostras, buscando padrões numéricos relacionados ao cotidiano.

O objetivo da pesquisa é exploratório, pois sua investigação é realizada quando não se há muito conhecimento na área a qual se está pesquisando. É um primeiro passo para quem não tem conhecimento suficiente no campo que pretende abordar (GIL, 1996).

Materiais

Para realizar o estudo experimental, foram utilizados como matérias-primas, a) cimento Portland tipo IV com 32 MPa (Votorantim cimentos); b) agregado miúdo com duas faixas granulométricas (fração grossa e fração fina), no intervalo de 0,297mm - 0,149mm.

Composições

As composições foram formuladas considerando o traço de 1:6, que corresponde a um conteúdo de cimento em 380 kg/m³ (utilizado o método ACI - *American Concret Institute*), correspondente a 15% da formulação. O agregado miúdo no traço acima corresponde a 80% da formulação. As variações entre finos e grossos seguiu a relação de 0, 25, 50 e 100%, respectivamente. O conteúdo de umidade foi fixado em 5%. Na Tabela 1 estão demonstradas as composições.

Tabela 1 - Composições (percentual em peso).

Composição	Teor de cimento %	Agregado Miúdo Fração Fina %	Agregado Miúdo Fração Grossa %	Teor de umidade %
C1	15	0	100	5
C2	15	100	0	5
C3	15	50	50	5
C4	15	75	25	5
C5	15	25	75	5

Fonte: Autores (2017).

A Tabela 2 apresenta as composições com a notação do planejamento de misturas. Para esta etapa foi utilizado o *software* Statistica 8®. O planejamento realizado permite a análise dos efeitos individuais dos fatores utilizados.

Tabela 2 - Composições do planejamento de misturas.

Composição	Agregado Miúdo Fração		Agregado Miúdo Fração	
	Fina	%	Grossa	%
1	0		1	
2	1		0	
3	0,5		0,5	
4	0,75		0,25	
5	0,25		0,75	

Fonte: Autores (2017).

Processamento

O agregado miúdo foi seco em estufa laboratorial a uma temperatura de 110°C de cinco a dez minutos. As composições foram homogeneizadas antes de receber a umidade.

Foram prensadas, sem vibração, 10 amostras de cada formulação com dimensões de 52 mm x 124 mm x 11 mm, em prensa laboratorial uniaxial de modelo, marca Macnal, S/A Brasil, seguindo as seguintes condições: a) primeira prensagem com pressão manométrica de 50 kgf/cm² (24 kgf/cm² de pressão específica); b) desaeração (retirada do ar) e; c) segunda prensagem com pressão manométrica de 250 kgf/cm² (119 kgf/cm² de pressão específica).

Após prensagem, as amostras foram curadas por 28 dias sem imersão em água.

Caracterização das amostras

As amostras, depois de curadas, foram caracterizadas por densidade aparente, medida pelo método de empuxo d'água. O ensaio de absorção de água foi realizado seguindo o método de fervura (NBR 13.818).

Para o ensaio de tração na flexão, foi utilizado o equipamento flexímetro (Servitech, Brasil), com uma carga aplicada até a ruptura do corpo de prova.

Resultados e Discussão

Expansão pós-prensagem

A Tabela 3 demonstra os resultados de expansão pós-prensagem das composições. Os valores variaram de 0,14 a 0,26%.

Tabela 3 - Resultado de expansão pós-prensagem.

Composição	Agregado Miúdo Fração Fina %	Agregado Miúdo Fração Grossa %	Expansão pós prensagem %
1	0	100	0,14
2	100	0	0,16
3	50	50	0,26
4	75	25	0,23
5	25	75	0,18

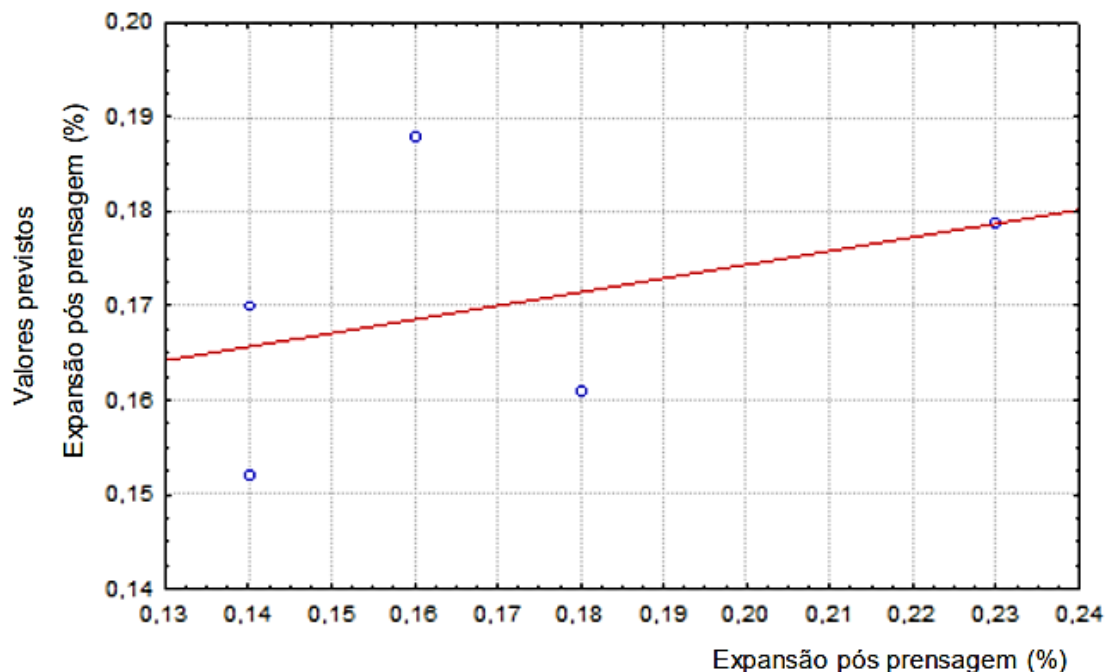
Fonte: Autores (2017).

Foi utilizado o modelo linear para a análise estatística. O Gráfico 1 demonstra a análise do resíduo. Pode-se notar que o modelo apresenta uma baixa qualidade de ajuste, sendo que os valores aparecem aleatoriamente. Os valores de p (erro do modelo) ficaram em 0,009 (0,9%) e 0,016 (1,6%) para as frações grossa e fina, respectivamente, valores abaixo dos 5%, já que o modelo foi analisado com 95% de limite de confiabilidade.

A análise estatística na Tabela 4 demonstra o efeito estimado das frações grossa e fina da areia nas composições. O fator fração grossa teve maior significância

nos resultados, sendo demonstrado pelo valor do coeficiente em 0,188. O R^2 em 0,14 mostra um ajuste pouco significativo com limite de confiabilidade 95%.

Gráfico 1 - Análise do resíduo para a expansão pós-prensagem – modelo linear.



Fonte: Os autores (2017).

Tabela 4 – Análise dos efeitos estimados para a expansão pós-prensagem

Fator	Coeficiente	Erro padrão	p
Fração grossa	0,188	0,031	0,009
Fração fina	0,152	0,031	0,016

Fonte: Autores (2017).

O comportamento da expansão pós-prensagem para as composições mostrou-se ligeiramente menor, quando comparadas à expansão pós-prensagem dos materiais cerâmicos quando submetidos à prensagem uniaxial.

Retração

A Tabela 5 demonstra os resultados para a retração (retração hidráulica). Observa-se resultados muito baixos de retração, praticamente nulos, o maior valor de retração foi encontrado na composição 3.

Tabela 5 - Resultado de retração.

Composição	Agregado Miúdo		Retração %
	Fração Fina %	Fração Grossa %	
1	0	100	-0,07
2	100	0	-0,02
3	50	50	0,11
4	75	25	0,04
5	25	75	0,05

Fonte: Autores (2017).

A retração quase nula pode ser oriunda do baixo teor de umidade utilizado no processo de prensagem uniaxial, sendo a umidade presente no sistema, utilizada quase que unicamente na cura do cimento.

Os valores reduzidos de retração podem propiciar peças com menores chances de fissuração no momento da retração, o que, para placas, é fator importante para a manutenção da resistência mecânica.

Resistência à tração na flexão

A Tabela 6 apresenta os resultados de resistência à tração na flexão. Os resultados oscilaram de 0,9 a 1,9 MPa. As composições que possuem maior participação da fração grossa desenvolveram maior resistência à tração na flexão.

Tabela 6 - Resultado de resistência a tração na flexão.

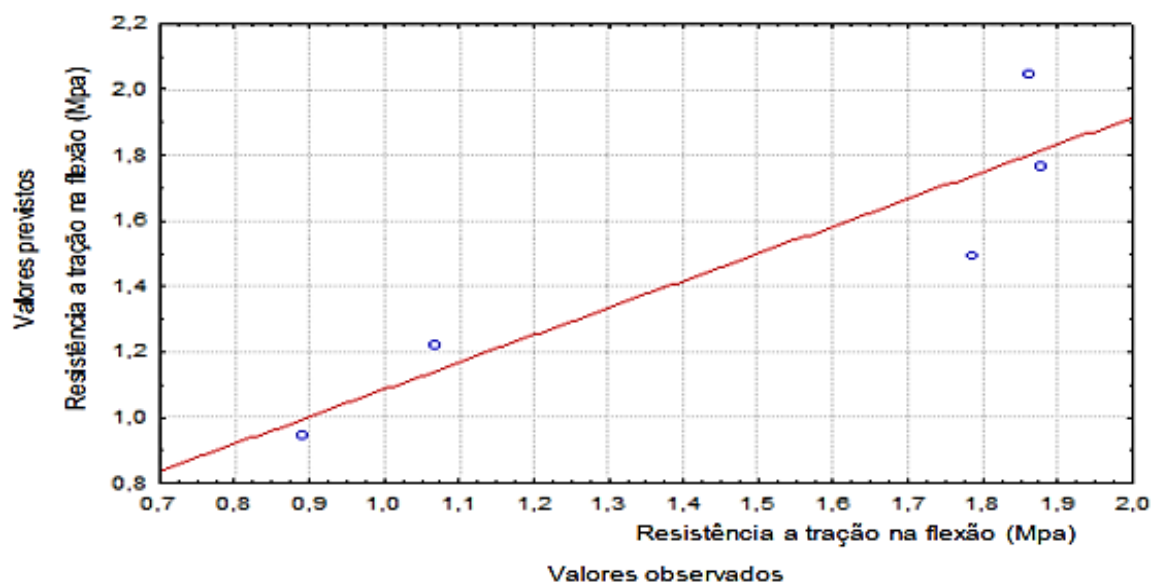
Composição	Agregado miúdo		Resistência a Tração na flexão MPa
	Fração Fina %	Fração Grossa %	
1	0	100	1,9
2	100	0	0,9
3	50	50	1,8
4	75	25	1,1
5	25	75	1,9

Fonte: Autores (2017).

O Gráfico 2 demonstra a análise do resíduo no modelo linear, podendo verificar que os valores se encontram distribuídos aleatoriamente e com razoável dispersão. A avaliação estatística demonstra o maior coeficiente para a fração fina, valor em 2,047,

com valor de p em 0,001 (0,1%), apresentando correlação entre a fração fina e a propriedade de resistência. Esta constatação é visualizada na Tabela 7 dos efeitos estimados. Para a fração grossa, o valor do coeficiente ficou em 0,944 com valor de p em 0,013(1,3%). Observa-se um razoável R^2 para este modelo 0,83 com limite de confiabilidade 95%.

Gráfico 2 - Análise do resíduo para a resistência à tração na flexão – modelo linear.



Fonte: Autores (2017).

Tabela 7 - Análise dos efeitos estimados para a resistência à tração na flexão.

Fator	Coeficiente	Erro padrão	p
Fração grossa	0,944	0,177	0,013
Fração fina	2,047	0,177	0,001

Fonte: Autores (2017).

O resultado de aumento da resistência à tração na flexão, para as composições com maior participação da fração grossa do agregado miúdo, pode estar relacionado ao fato de que a redução da superfície específica possa ter contribuído para um maior encapsulamento do agregado pelo cimento, o que colabora para uma cura hidráulica mais homogênea. Para sistemas com superfície específica elevada, possivelmente será necessário o aumento do consumo de cimento, bem como do teor de umidade para a promoção da cura hidráulica de maneira mais homogênea.

Absorção d'água

A Tabela 8 demonstra os resultados de absorção de água. Os resultados variaram de 12,5 a 16,9%. Sendo que os menores valores encontrados ficaram com as composições 1 e 5.

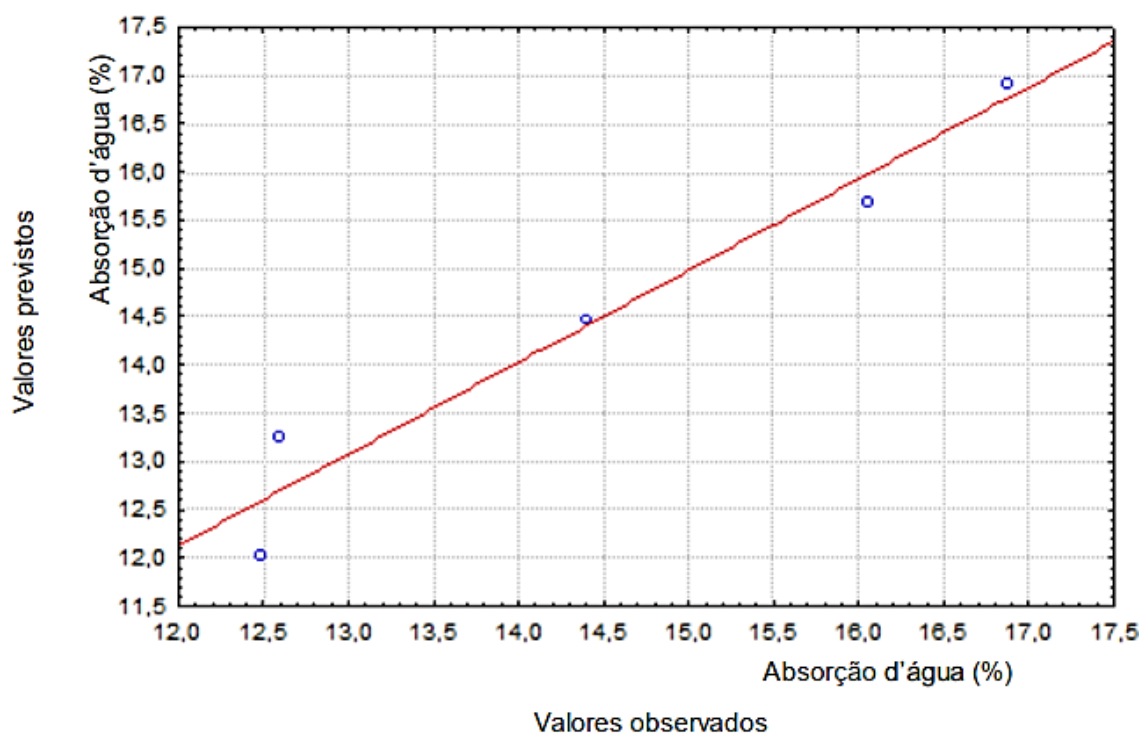
Tabela 8 - Resultado de absorção d'água.

Composição	Agregado miúdo		Absorção d'água %
	Fração Fina %	Fração Grossa %	
1	0	100	12,5
2	100	0	16,9
3	50	50	14,4
4	75	25	16,1
5	25	75	12,6

Fonte: Autores (2017).

O Gráfico 3 demonstra a análise do resíduo para absorção d'água. Pode-se verificar que os valores se encontram distribuídos aleatoriamente e com mínima dispersão.

A avaliação estatística demonstra o maior coeficiente para a fração grossa com valor de 16,923 e valor para p de 0,00003 (0,003%). Para a fração fina, o coeficiente ficou com um valor de 12,024 e um valor para p em 0,00008 (0,008%). Observa-se um bom R^2 para este modelo de 0,95 com limite de confiabilidade 95%. Esta constatação é visualizada na Tabela 9 dos efeitos estimados.

Gráfico 3 – Análise do resíduo para a absorção d'água – modelo linear.


Fonte: Autores (2017).

Tabela 9 – Análise dos efeitos estimados para a absorção d'água.

Fator	Coefficiente	Erro padrão	p
Fração grossa	16,923	0,397	0,00003
Fração fina	12,024	0,397	0,00008

Fonte: Autores (2017).

O resultado de aumento da absorção d'água, para as composições com maior participação da fração fina do agregado miúdo, possivelmente ocorre pelo aumento da área específica, ou seja, para alcançar maior impermeabilidade da placa, será necessário aumentar o teor de cimento e umidade da composição.

Estudos revelam que, modificando a classe de resistência do cimento e a quantidade de cimento, ocorre o aumento da força de flexão e a diminuição da porosidade (NADDAF; POUR, 2016).

Densidade aparente

Observa-se na Tabela 10 que a densidade aparente da composição da fração fina de 100% e a fração grossa de 100% são as mesmas. A composição 5 apresenta uma densidade de 2,19 g/cm³.

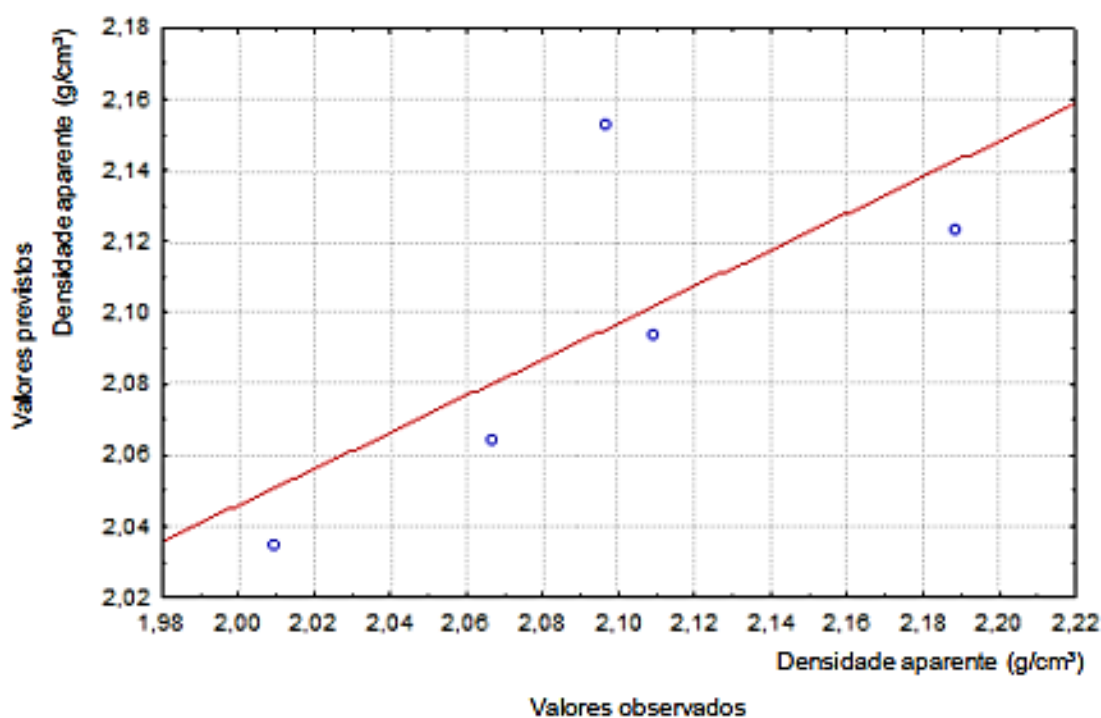
Tabela 10 – Resultado de densidade aparente

Composição	Agregado miúdo		Densidade Aparente g/cm ³
	Fração Fina %	Fração Grossa %	
1	0	100	2,01
2	100	0	2,01
3	50	50	2,11
4	75	25	2,07
5	25	75	2,19

Fonte: Autores (2017).

O Gráfico 4 demonstra a análise do resíduo no modelo linear, em que os valores observados estão distribuídos aleatoriamente e com razoável dispersão. A avaliação estatística demonstra o maior coeficiente para a fração fina, com valor em 2,153 e um valor para p de 0,00002 (0,002%). Esta constatação é visualizada na Tabela 11 dos efeitos estimados.

Para a fração grossa, o valor do coeficiente ficou em 2,035, com valor de p em 0,00002 (0,002 %). Observa-se um razoável R² para este modelo 0,51 com limite de confiabilidade 95%.

Gráfico 4 – Análise do resíduo para a densidade aparente – modelo linear


Fonte: Autores (2017).

Tabela 11 – Análise dos efeitos estimados para a densidade aparente

Fator	Coefficiente	Erro padrão	p
Fração grossa	2,035	0,041	0,00002
Fração fina	2,153	0,041	0,00002

Fonte: Autores (2017).

Para o comportamento de densidade aparente das composições, nota-se que o empacotamento de partículas foi significativo. Isto pode ser observado na composição 3 com 25% finos e 75% grossos, reforçando o sistema ideal para empacotamento de partículas relatado por Barbosa Junior (1997).

Considerações Finais

O comportamento de resistência mecânica, absorção d'água e densidade aparente de placas cimentícias submetidos à compactação uniaxial sem vibração, foi estudado introduzindo diferentes granulometrias do agregado miúdo.

Para a resistência mecânica (tração na flexão), as composições que possuem maior participação da fração grossa desenvolveram maior resistência à tração na flexão. Possivelmente pode estar relacionado ao fato de que a redução da superfície

específica possa ter contribuído para um maior encapsulamento do agregado pelo cimento, o que contribuiu para uma cura hidráulica mais homogênea. Para sistemas com superfície específica elevada, possivelmente será necessário o aumento do consumo de cimento, bem como, do teor de umidade para promoção da cura hidráulica de maneira mais homogênea.

Para a absorção d'água, as composições que possuem maior absorção d'água se deram na fração fina do agregado miúdo, pelo aumento da área específica.

Para a densidade aparente, notou-se que o empacotamento de partículas foi significativo, obtendo um comportamento bem específico para composição com 25% finos e 75% grossos, pois as partículas se harmonizaram melhor com a diferença de fração granulométrica tendo um melhor empacotamento,

Os resultados encontrados indicaram que é possível prensar placas cimentícias no método de prensagem uniaxial, sem vibração. Para isto, é necessário o uso do empacotamento de partículas (70% grossos e 30% finos), com o objetivo do aumento da densificação da placa. A introdução de finos no sistema, conforme resultados encontrados, demanda de um aumento no teor de cimento e, conseqüentemente, no teor de umidade (aumento da superfície específica). São necessários para alcançar o aumento da resistência mecânica, já que foi observada a perda desta com o aumento da fração fina.

Com isto, pode-se utilizar a composição 5 como ponto de partida para novos estudos, iniciando com o aumento no teor de cimento e umidade.

Referências

- BARBOSA JUNIOR, J. C. **Controle da distribuição do tamanho de partículas cerâmicas no processamento de pavimentos gresificados**. 1997. 185 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- BAUER, L.A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. São Paulo: LTC, 2001.
- BOAVENTURA, E. M. **Metodologia da Pesquisa**: monografia, dissertação e tese. São Paulo: Atlas, 2004.
- DAROLT, R.D. **Influência da Distribuição de Tamanho de Partículas sobre a Piroplasticidade em Porcelanato Técnico em Função do Procedimento de Moagem**. Cerâmica Industrial, 2011.
- DOWSON, A. **Mix Design for Concrete Block Paving**. Procedures 1 International Conference on CBP. 1980.

- FERNANDES, I. **Blocos e pavers: produção e controle de qualidade**. São Paulo: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda., 2008.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa. Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1996.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- HUSKEN, G; BRAW, H.J.H. A new mix design concept for earth moist concrete: theoretical and experimental study. **Cement and concrete research**, n.38, p.1246-1259, 2008.
- JUVAS, K. **Verydry precasting concrete**. Special Concretes: Workability and Mixing. Proceeding of the International RILEM Workshop. London, 1993.
- MEHTA, P.K., MONTEIRO, P.J.M. **Concreto – Estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994.
- MEHTA, P.K., MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: Pini, 2008.
- MORESI, E. **Metodologia da Pesquisa**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2003.
- NADDAF, H. E.; POUR, M. A. **Performance evaluation of dry-pressed concrete curbs with variable cement grades by using Taguchi method**. Department of Civil Engineering, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran, 2016.
- OLIVEIRA, A. L. **Contribuição para a dosagem e produção de peças de concreto para pavimentação**. 2004. 296 f. Tese (Doutorado). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.
- OLIVEIRA, I. R., STUDART, A. R., PILEGGI, R. G., PANDOLFELLI, V. C. **Dispersão e empacotamento de partículas – Princípios e Aplicações em Processamento Cerâmico**. São Paulo: Fazenda Arte Editorial, 2000.
- PRUDÊNCIO JUNIOR, L. R., OLIVEIRA, A. L., BEDIN, C. A. **Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto**. Florianópolis: Associação Brasileira de Cimento Portland. Gtec, 2002.
- SENTONE, D. T. **Desenvolvimento de método para medida de permeabilidade ao ar de revestimentos de argamassa**. 2011. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, 2011.
- STROEVEN, M., STROEVEN, P. **SPACE system for simulation of aggregated matter application to cement hydration**. **Cement and concrete research**. Países Baixos, 1999.

ESTUDO DA ADIÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO NA PRODUÇÃO DO CONCRETO

Bruno dos Santos Pereira; Felipi da Silva; Josias Sarzana; Luiz Henrique Leandro; Ana Sônia Mattos; João Paulo Mendes; Julio Preve*

* Engenharia Civil Unibave - juliopreve@hotmail.com

Resumo: No Brasil são gerados, por ano, mais de três milhões de toneladas de areia de fundição, representando, atualmente, um dos resíduos sólidos industriais com maior volume de produção. A areia de fundição é um resíduo industrial gerado através da fundição de materiais metálicos na produção de peças, principalmente para indústrias do setor siderúrgico e automobilístico. É comum ocorrer um enorme descarte em aterros industriais, causando um custo de destinação e a responsabilidade ambiental aos envolvidos. Por meio da fabricação de corpos de prova de concreto, com substituição parcial do agregado miúdo fino, essa pesquisa visou analisar a resistência à compressão dos corpos de prova, verificando uma das possibilidades de aplicação na construção civil e proporcionar, conseqüentemente, redução dos impactos ambientais. Nos testes realizados em laboratório, a substituição de 15% do agregado miúdo fino por areia de fundição apresentou maiores ganhos médios de resistência a compressão.

Palavras-chave: Areia de fundição. Resíduo industrial. Desenvolvimento sustentável.

Introdução:

No âmbito de diversos problemas que a humanidade enfrenta hoje em dia, um dos mais notáveis é a necessidade de reduzir os efeitos da agressão ambiental que é ocasionada principalmente pelos resíduos industriais. Questões relativas à conservação ambiental recebem uma atenção especial nos segmentos industriais, o que vem crescendo significativamente nos últimos anos.

Com o progresso do setor industrial no Brasil, e de modo conseqüente a intensificação da geração de resíduos, veio também a preocupação de onde e como descartá-los de forma a não afetar o ecossistema. Hoje em dia, algumas empresas manifestam um cuidado maior, focado principalmente no desenvolvimento de métodos de minimização de resíduos e procurando alternativas para a sua destinação de modo a reduzir a quantidade criada em aterros (MARTINI, 2016).

Nessas circunstâncias, o setor de fundição funciona como contribuinte ao utilizar como matéria-prima a sucata metálica, no entanto, em compensação é significativo o volume de areia de moldagem originada para descarte, com elevado potencial poluidor precisando de uma solução para minimização dessa contaminação.

Como a acomodação final desse resíduo é feita em aterros industriais, essa grandeza descartada diminui a vida útil dos mesmos, conseqüentemente, provoca a obrigação da abertura de novos aterros. Juntamente com o descarte inapropriado, o impacto ecossistêmico está relacionado com a contaminação de solo e lençóis freáticos devido à lixiviação e solubilização de altas concentrações que nesse caso ultrapassam os limites tolerados de resinas fenólicas, metais e não metais que podem estar contidas na areia descartada de fundição (MACIEL, 2005).

No entendimento de Desenvolvimento Sustentável, a construção civil ocupa um lugar de destaque. Primeiramente movimenta grande quantidade de concreto (2.700 kg/habitante) perdendo somente para a água (11.000 Kg/habitante). O segundo destaque é a probabilidade de tratamento de resíduos com cimento Portland da qual a vantagem deve-se à possibilidade de solidificação e estabilização química ou mecânica de elementos químicos do resíduo classificados como nocivos à fauna e flora. Em terceiro destaque vem a possibilidade de utilizar resíduo sólido como matéria-prima na produção de concreto (WATANABE, 2004).

Alguns escritores revelam que vários tipos de resíduo podem ser usados no concreto, principalmente os resíduos classe II e III (MOURA *et al.*, 2002). De maneira geral, a utilização desses resíduos no concreto não apresenta impacto ambiental expressivo e em alguns casos traz progresso em certas características ou propriedades do material. De fato, a grande maioria dos materiais usados na construção civil são fabricados com matéria-prima procedente de recursos naturais. Desta forma, o uso de resíduo como matéria-prima auxilia a preservar o meio ambiente. Além do mais, tem-se também diminuição de custos com a condição final do resíduo (WATANABE, 2004).

O objetivo então desse trabalho foi de estudar a viabilidade da adição de areia de fundição no concreto. No estudo foram efetuados ensaios de resistência à compressão para avaliar a influência do processo na resistência mecânica dos materiais.

Procedimentos Metodológicos

Para que pudéssemos dar início aos estudos precisamos adquirir areia de fundição (não vendida comercialmente), que nesse caso foi fornecida pela Maestro do Brasil, que está situada em nossa região, na Estrada Geral Palmeira Baixa, s/n, cidade de Urussanga-SC. Primeiramente, para a caracterização dos materiais empregados

na confecção dos corpos de prova da presente pesquisa, foram apresentados e adotados os resultados já obtidos em ensaios anteriores, realizados por Baruffi e Dalla Rosa (2013).

A segunda etapa compreendeu a determinação da dosagem de materiais nos ensaios, com teores de ADF (areia de fundição) em substituição de AN (areia normal), traço de cimento e agregado e teor de umidade adotados, semelhantes às experiências realizadas por Baruffi (2013). Além disso a proporção dos agregados foi determinada através da faixa proposta por Frasson (2000 *apud* OLIVEIRA, 2004).

Na terceira etapa ocorreram as moldagens dos corpos-de-prova, utilizando as dosagens determinadas na segunda etapa.

Foram elaborados 04 traços com as seguintes especificações:

1º Traço - Convencional (100% Areia Lavada):

- 1.8 kg de Cimento Portland CP IV.
- 6.318 kg de Agregado Miúdo (Areia Lavada).
- 6.324 kg de Agregado Graúdo (Brita 01).
- 1.5 Litros de Água.

2º Traço - 50% de Agregado Miúdo (Areia Lavada) / 50% de Areia de Fundição:

- 1.8 kg de Cimento Portland CP IV.
- 3.160 kg de Agregado Miúdo (Areia Lavada).
- 3.160 kg de Areia de Fundição.
- 6.324 kg de Agregado Graúdo (Brita 01).
- 1.5 Litros de Água.

3º Traço- 70% de Agregado Miúdo (Areia Lavada) / 30% de Areia de Fundição:

- 1.8 kg de Cimento Portland CP IV.
- 4.422 kg de Agregado Miúdo (Areia Lavada).
- 1.896 kg de Areia de Fundição.
- 6.324 kg de Agregado Graúdo (Brita 01).
- 1.5 Litros de Água.

4º Traço - 85% de Agregado Miúdo (Areia Lavada) / 15% de Areia de Fundição.

- 1.8 kg de Cimento Portland CP IV.
- 5.371 kg de Agregado Miúdo (Areia Lavada).
- 0.947 kg de Areia de Fundição.
- 6.324 kg de Agregado Graúdo (Brita 01).

- 1.5 Litros de Água.

A areia convencional foi secada em laboratório durante 24h a 110 °C sendo uma etapa extremamente importante para não haver alteração no fator água/cimento.

Retirando a areia da estufa foi deixado a mesma esfriar e então começado os processos de confecção do concreto, o traço utilizado foi 1: 2,5 :2,5: 1,5.

Após a pesagem dos agregados, em uma betoneira mecânica foi adicionado a brita, água e cimento deixando misturar por um tempo após adicionamos a areia média e deixamos mexer até que a mistura ficasse homogênea sendo esta mistura o concreto convencional para termos base e comparar com o resultado das misturas feita com areia de fundição foi desligado a betoneira e moldado os corpos de prova (Figura 1).

Para cada traço desenvolvido, foram confeccionados 03 corpos de provas, onde foi utilizada para mistura, uma betoneira mecânica (Figura 2). Após cada Traço desenvolvido/misturado, colocava-se o material nos corpos de provas fazendo o procedimento de 12 golpes a cada porção de material colocado, para retirada de espaços vazios e melhor preenchimento/adensamento do mesmo no recipiente, sendo a betoneira e todos os equipamentos utilizados na confecção dos traços, lavados a cada operação realizada, para evitar contaminação dos corpos de provas.

Feito a moldagem dos corpos de prova lavamos a betoneira pesamos os próximos agregados para a confecção do concreto com 50% de areia de fundição ligamos a betoneira adicionamos brita, água e foi deixado misturar por um tempo até que o cimento e a água formasse uma nata e envolvesse as brita em seguida adicionamos a areia média e a areia de fundição foi deixado misturar até adquirir uma estrutura homogênea desligamos a betoneira e moldamos mais 3 corpos de prova cada corpo de prova moldado era feito o arrasamento para facilitar e não precisar facear na hora de fazer o teste de compressão. Esse mesmo procedimento foi feito para todos os demais traços, 30% e 15%, sendo os corpos de prova desmoldados e colocados submersos em água para cura de 28 dias (Figura 3).

Figura 1 – Corpos de prova de concreto sendo moldados.



Fonte: Autores (2019).

Figura 2 – Corpos de prova de concreto em estado fresco.



Fonte: Autores (2019).

Figura 3 – Corpos de prova de concreto desmoldados.



Fonte: Autores (2019).

Os ensaios de compressão foram executados na empresa Concretar na cidade Braço do Norte, SC. Localizada na rua Augusto Aguiar Danelski, número 630, pelo colaborador Deivid Rodrigues.

Foram colocados na máquina, um corpo de prova de cada vez e efetuado o teste de compressão conforme a norma, onde a mesma deve chegar ao seu rompimento, logo em seguida anotados os valores para posteriormente analisarmos os resultados para efetuar uma média de valores obtidos (Figura 4). Esse processo foi executado para doze corpos de provas.

Figura 4– Ensaio de compressão nos corpos de prova de concreto.



Fonte: Autores (2019).

Resultados e Discussão

Verifica-se que o concreto convencional, apresentou resultado médio de 10 MPa. Nota-se que até 30% de areia de fundição na composição do concreto aumenta a resistência média para 12 MPa, e quando a adição é de 50% a resistência média retorna aos 10 MPa. Todos os corpos de prova foram rompidos pelo teste de resistência a compressão ao alcançar os 28 dias.

No quadro 1 são apresentados os resultados obtidos de todos os corpos de provas ao fazer o rompimento por meio de resistência a compressão analisando melhor os resultados obtidos. Sendo assim é possível verificar resistência média à compressão das argamassas que com e sem resíduo é da mesma ordem de grandeza sendo que a argamassa com areia de fundição residual tende a apresentar valores de resistência levemente superior à argamassa de referência (sem resíduo).

Quadro 1 – Resultados de resistência a compressão dos corpos de prova de concreto com suas porcentagens.

Porcentagem de adição de areia de fundição	Resistência a compressão (MPa)
50	10,10
50	10,99
50	10,52
30	12,30
30	11,96
30	12,44
15	11,55
15	12,21
15	12,86
0	10,31
0	10,94
0	9,71

Fonte: Autores (2019).

Considerações Finais

Analisando a média da resistência à compressão obtida, 10,54MPa para 50%, 12,23MPa para 30%, 12,21MPa para 15% e 10,32MPa para concreto convencional, é possível concluir que o desempenho dos corpos de prova de concreto estudados com substituição de 15% e 30% da areia natural por areia de fundição, com relação a resistência a compressão, houve um ganho de 20% de resistência nestes traços em comparação à média dos ensaios realizados com concreto convencional.

Os resultados obtidos demonstraram que é possível o emprego de areia de fundição como substituição de parte do agregado na confecção de concretos, isso porque os resultados de resistência à compressão, encontrados com os traços em diferentes porcentagens de substituição de areia natural por areia de fundição, estão acima (cerca de 20%) dos valores obtidos com os corpos de prova executados com o traço de referência, somente com areia natural.

Desta forma podemos concluir que a substituição da areia natural por areia de fundição, pode ser utilizada na fabricação de concretos de qualidade, sem comprometer o desempenho com relação aos executados tradicionalmente. Sendo que a utilização de areia de fundição na fabricação de concreto, além de ser tecnicamente viável, conforme comprovado por este estudo, torna-se uma alternativa para a reutilização deste resíduo, reduzindo os passivos ambientais e também propiciando a redução do consumo de recursos naturais.

Referências

ARMANGE, L. C. et al. **Utilização de areia de fundição residual para uso em argamassa**. 2005. Disponível em: <http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10631/>. Acesso em: 08 out. 2019.

BARUFFI, A. et al. Uso da areia de fundição como substituto parcial da areia natural em blocos de concreto para pavimentação. **Anais... IV Seminário Nacional de Construções Sustentáveis. Passo Fundo, RS, Brasil**, v. 4. Disponível em: <https://www.imed.edu.br/Uploads/Usodeareiafundic%C3%A7%C3%A3o%20como%20substituto%20parcial%20da%20areia%20natural.pdf>. Acesso em: 08 set. 2019.

BLATT, G. et al. **Estudo para utilização de areia de fundição em elementos de concreto de cimento portland1**. Disponível em: <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/5246/4425>. Acesso em: 21 set. 2019.

BRONDINO, O. C.; SILVA, J. P. G.; BRONDINO, N. C. M. **O problema do descarte da areia de fundição:** ensino para o desenvolvimento sustentável. 2014. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/5/Artigos/129851.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

DOMINGUES, L. G. F.; FERREIRA, G. C. S. Viabilidade econômica da aplicação funcional de uma mistura de solo com areia descartada de fundição (ADF) em aterros sanitários. **Revista Fundição & Matérias-primas (ABIFA), caderno técnico**, p. 34-39, 2015. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/267714/1/Domingues_LucieneGachetFerrari_M.pdf. Acesso em: 05 out. 2019.

MARCON, M. F. et al. **Aproveitamento da areia de fundição como agregado miúdo fino em concretos.** 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/115449>. Acesso em: 14 set. 2019.

MARTINI, N. C. **Reuso de areia descartada de fundição para a confecção de blocos de concreto estrutural.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8009/1/LD_COEAM_2017_1_20.pdf. Acesso em: 06 out. 2019.

PINTO, F. B. **O uso de areia descartada de fundição (ADF) na produção de concreto.** 2013. Disponível em: <https://saturno.unifei.edu.br/bim/0043898.pdf>. Acesso em: 07 set. 2019.

SANTOS, C. C.; LOPES, D. C. Estudo da resistência de concretos com areia de fundição e cinza de casca de arroz. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 1, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/46600/pdf>. Acesso em: 14 set. 2019.

WATANABE, F. A. et al. **Estudo sobre a utilização de areia de fundição residual como agregado na confecção de pavimentos de concreto.** 2004. Disponível em: <http://tede.udesc.br/handle/tede/1649>. Acesso em: 15 set. 2019.

HIDRÁULICA APLICADA ÀS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETAS): UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Júlia Zomer de Moraes¹; Milena Anacleto Weber²; Tainara Debiasi³; Ana Sônia Mattos⁴

Acadêmica Engenharia Ambiental e Sanitária. UNIBAVE. juliazmoraes@hotmail.com.¹

Acadêmica Engenharia Ambiental e Sanitária. UNIBAVE. milenaaw@hotmail.com.²

Acadêmica Engenharia Ambiental e Sanitária. UNIBAVE. tainaradebiasi@hotmail.com.³

Professora Engenharia Ambiental e Sanitária. UNIBAVE. ana_sonia_mattos@hotmail.com.⁴

Resumo: As estações de tratamento de água são o principal pilar do saneamento básico, sendo de extrema importância para o desenvolvimento das cidades, tendo como função a transformação da água bruta captada em mananciais em água potável, tendo como consequência o abastecimento público. O presente artigo trata-se de uma revisão de caráter bibliográfico a respeito da constante presença da hidráulica aplicada nas Estações de tratamento de água (ETA's), mais especificamente, nas fases de tratamento da água como tecnologia, para a potabilidade da água e uma melhora na qualidade de vida das pessoas e animais. Uma ETA é constituída por várias unidades, como captação da água, bombeamento, adução, unidade de tratamento, reservatórios e, finalmente, as redes de distribuição. O estudo dará enfoque aos processos mencionados, visando relacionar diretamente a hidráulica de forma eficiente, para que assim se possa ter por conclusão a importância da hidráulica no seguimento da Engenharia Ambiental e Sanitária.

Palavras-chave: Hidráulica. Tratamento. Abastecimento. Água. ETA.

Introdução

O desenvolvimento de um país está conectado a ascensão de diversos setores como saúde, economia e educação, para isso, é preciso de políticas públicas dirigidas à intervenções eficientes que proporcionam o crescimento desses setores. Uma forma para alcançar esse nível de desenvolvimento é implementar um sistema de saneamento básico eficaz, que segundo a definição da Organização Mundial da Saúde (OMS), é o responsável por exercer ações de controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos ao bem-estar físico, mental e social (CABEDO JUNIOR *et al.*, 2019).

Entre os serviços de saneamento pode-se destacar o abastecimento e tratamento de água, coleta e tratamento de esgoto, manejo de águas pluviais e de resíduos sólidos, sendo assim, além da saúde, o saneamento também está estreitamente ligado às condições de meio ambiente (CABEDO JUNIOR *et al.*, 2019).

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) têm a finalidade de transformar a água denominada bruta, que é aquela em que não há nenhum tipo de tratamento, em água denominada potável, que é aquela em que passou pelos tratamentos devidos e é adequada ao consumo humano (COMUSA, 2017).

As etapas do processo de tratamento de água; as bombas existentes, juntamente com suas características de funcionamento, caracterizam um sistema hidráulico aplicado. Este sistema, no caso das ETAs, é bastante complexo, sendo estruturado a partir das etapas: captação, adução de água bruta, tratamento, reservação, distribuição da água tratada, medição/fornecimento. Na verdade, a construção de um sistema hidráulico de abastecimento de água requer muitos estudos e, equipe altamente capacitada, uma vez que, são constituídos de componentes interligados por meio de mangueiras e tubulações, tais como, bombas, motores, cilindros e válvulas que devem ser corretamente dimensionadas ainda na fase de projeto (MENDONÇA *et al.*, 2014).

Neste sentido, configurou-se como problemática de pesquisa a hidráulica aplicada a ETAs, reconhecendo a complexidade implicada nesta. Para tal, objetivou-se conhecer a produção científica que se debruça sobre a hidráulica aplicada às estações de tratamento de água. Buscando responder a este objetivo, foram estruturados os objetivos específicos, os quais: analisar o uso dos processos hidrodinâmicos envolvendo a fase de captação da água, apresentados na literatura; identificar estudos sobre os processos de tratamento, filtração e transporte da água, envolvendo conceitos como: perda de carga, vazão, escoamento e empuxo; descrever sistemas de tubulação da rede de distribuição da água em estágio de potabilidade, conforme a literatura da área.

A hidráulica aplicada às estações de tratamento de água, como tecnologia para a potabilidade da água, volta-se a qualidade de vida das pessoas e, ao mesmo tempo, torna-se um *locus* de análise ambiental.

Cabe ainda salientar que, os estudos de hidráulica para a Engenharia Ambiental e Sanitária, consolidam sua importância na medida em que permite a relação da hidrodinâmica com as ETAs, por meio das suas tubulações, desde a captação da água até a distribuição para a população, possibilitando calcular o empuxo, vazão, condicionamento.

Procedimentos metodológicos

O presente trabalho foi guiado pelo método de pesquisa exploratório, de acordo com Gil (1999), uma pesquisa pode ser descrita como o processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico e tem como objetivo descobrir soluções para algumas questões diante do uso de procedimentos científicos.

O intuito fundamental da pesquisa exploratória é desenvolver, deixar claro e mudar conceitos e ideias, levando em consideração a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 1999).

Este estudo seguiu a abordagem qualitativa. Os procedimentos qualitativos se sustentam em dados de texto e imagem, têm passos únicos na análise de dados e usam estratégias diversas de investigação (CRESWELL, 2010).

O trabalho ainda pode ser definido como uma pesquisa bibliográfica, que tem como base para desenvolvimento, a busca de informações, principalmente, em artigos e livros de embasamento científicos (GIL, 1999).

As referências utilizadas neste estudo foram selecionadas nas ferramentas de pesquisa, como Google Acadêmico e Google, foram selecionados artigos científicos, livros e sites de organizações federais sem critérios para data.

Neste sentido, o presente trabalho buscou apresentar e explicar os diversos tipos de relação da hidráulica com estações de tratamento de água e todos os processos nelas presentes.

Hidráulica

A palavra hidráulica tem origem grega e significa “condução de água”, porém, atualmente, a palavra é relacionada com o estudo do comportamento da água e de outros líquidos, em repouso ou em movimento (NETTO; FERNÁNDEZ, 2015).

A hidráulica tem diversas áreas de atuação, uma delas é a Hidráulica Aplicada e é dentro dela que se estuda e aplica-se os sistemas de tratamento de água. (NETTO; FERNÁNDEZ, 2015).

Estações de tratamento de água

Com o aumento das aglomerações humanas e com a respectiva elevação do consumo da água o homem passou a executar grandes obras destinadas a captação, transporte e armazenamento deste líquido e também a desenvolver técnicas de

tratamento interferindo assim no ciclo hidrológico e gerando um ciclo artificial da água (Fundação Nacional de Saúde, [s.d.]).

Algumas comunidades captam água subterrânea para abastecimento público, mas a maioria delas se aproveita de águas superficiais que após o tratamento é distribuída para as residências e indústrias (Fundação Nacional de Saúde, [s.d.]).

As Estações de Tratamento de Água (ETA) para abastecimento público têm por finalidade transformar a água bruta captada em mananciais (superficiais ou subterrâneos), que normalmente é imprópria para o consumo humano, em água potável (COSTA, 2015).

Segundo Cordeiro, o sistema de tratamento de água mais comum é o convencional ou completo e nele se dispõem os processos de coagulação, floculação, decantação e filtração, o autor afirma também que o sistema transforma a água inadequada para o consumo humano em um produto dentro dos padrões de potabilidade.

Hidráulica nas estações de tratamento de água

O sistema de distribuição de água é uma rede constituída por um agregado de tubulações, acessórios, reservatório, bombas hidráulicas, e que tem como finalidade atender, dentro das condições sanitárias, de vazão e pressão convenientes, a cada um dos diversos pontos de consumo de um município. A partir desta rede geral são alimentados, por meio de ramais de ligação, os diversos edifícios ou instalações (JUSTINO; NOGUEIRA, 2013).

Um sistema público de abastecimento de água é constituído por várias unidades, como captação, bombeamento, adução, unidade de tratamento, reservatórios e, finalmente, a rede de distribuição. O dimensionamento de cada unidade tem por parâmetro de cálculo a vazão de demanda, que é diretamente proporcional à população a ser atendida (JUSTINO; NOGUEIRA, 2013).

Os processos hidrodinâmicos na fase de captação da água

Na fase da captação a água está sem tratamento e imprópria para o consumo humano, ela é retirada de mananciais e seguem para reservatórios utilizados para o abastecimento de água (TRATA BRASIL, 2019).

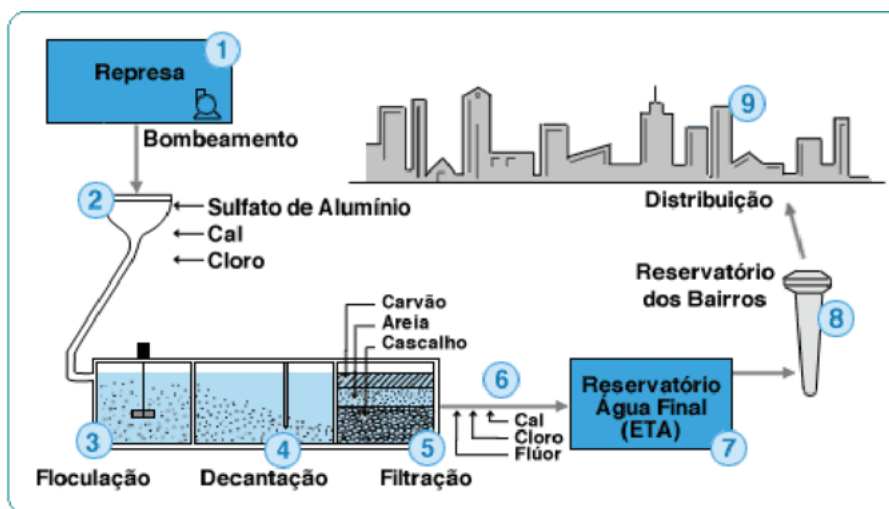
Nessa etapa a água passa por um sistema de grades que impede que cheguem elementos sólidos contidos na água, como folhas, galhos e troncos, na ETA. Após

esse processo a água é bombeada, por meio de bombas hidráulicas até a estação de tratamento (TRATA BRASIL, 2019).

O tratamento, a filtração e o transporte da água

Conforme mostra a Figura 1, após todo o processo de tratamento, a água vai para ao reservatório de água final, depois é bombeada e transportada por tubulações e dutos até chegar aos reservatórios dos bairros e da mesma forma é distribuída à população (SABESP, [s.d]).

Figura 1- Etapas do tratamento de água.



Fonte: SABESP (s.d.).

Em uma ETA do tipo físico-químico convencional têm-se as seguintes etapas principais: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação, reservação/distribuição (COMUSA, 2017).

No processo de tratamento da água, através de bombas a água é captada e transportada até os locais onde é tratada, quando chega na parte da filtração, essa água passa por tanques formados por pedras, areia e carvão antracito, que são responsáveis por reter a sujeira que restou da fase de decantação (SABESP, [s.d]).

A água clarificada que vem dos decantadores é direcionada para os filtros de areia com o objetivo de remover os flocos mais finos e leves que não foram retidos nos decantadores. Desta forma, essa água ainda contendo partículas residuais atravessa um meio poroso. Este meio é composto de areia com granulometria

específica que tem como objetivo remover essas partículas residuais (COMUSA, 2017).

Diante de todo o processo a água passa por tubulações e reservatórios, tendo sempre o auxílio das bombas. Após a água ser captada nos mananciais, rios ou poços, é bombeada até o tanque de mistura rápida, onde ocorrerá a coagulação com a adição de sulfato ferroso clorado, que tem a finalidade de aglomerar sujeiras em flocos, passando depois pelo tanque de floculação (MENDONÇA *et al.*, 2014).

Sistemas de tubulação da rede de distribuição da água

De acordo com a ReCESA (s.d), uma rede de distribuição é composta por um conjunto de tubulações interligadas instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, junto aos edifícios, conduzindo a água aos pontos de consumo. A rede é composta de tubulações principais, alimentadas pelo reservatório de montante ou pela adutora em conjunto com o reservatório de jusante.

Dois tipos de tubulações podem ser vistos em um sistema de distribuição redes e ramais. As redes são um passo voltado para a entrega de água aos consumidores e são, normalmente, menores em diâmetro que as adutoras (SARZEDAS, 2009).

Os conceitos de vazão, zonas de pressão, perda de carga e setorização são essenciais para o projeto e o dimensionamento de redes de distribuição de água (ReCESA, [s.d]).

Considerações Finais

Uma ETA é constituída por várias unidades, como captação da água, bombeamento, adução, unidade de tratamento, reservatórios e, finalmente, as redes de distribuição. Importante destacar que a hidráulica está presente em todos as fases de tratamento da água, como pode-se observar através do estudo, desde a sua captação, no processo de tratamento, como nos tanques para floculação, até sua rede de abastecimento e posteriormente de distribuição. Os cálculos realizados de dimensionamento, tipos de rede de distribuição, são proporcionais as demandas da população, com o objetivo de abastecer todos os habitantes do município.

Outro ponto a ser levado em consideração é a topografia, relevo da região para escolha do tipo de distribuição da água, como por bombeamento ou por gravidade.

Também se faz necessário realizar cálculos de vazão, zonas de pressão, perda de carga e dimensionamento das tubulações e dutos durante a implementação da estação de tratamento de água.

Referências

- CABEDO JUNIOR et. al. **Saneamento: interferência na saúde pública e no desenvolvimento socioeconômico**. 2018. Disponível em: <<http://faesfpi.com.br/revista/index.php/faesf/article/view/54/50>>. Acesso em: 31 de maio de 2020.
- COMUSA. **Tratamento de água**. 2017. Disponível em: <<http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoagua>>. Acesso em: 31 de maio de 2020.
- CORDEIRO, J.S. Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs. In: Reali, M.A.P. **Noções Gerais de Tratamento e Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água**. P.1. Rio de Janeiro: ABES, 1999. Disponível em: <<https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosabrealifinal.pdf>>. Acesso em: 20 de junho de 2020.
- COSTA, Adriana Guimarães. **Sistemas de abastecimento de água**. 2015. Disponível em: <<https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/1046/1/Sistema%20de%20Abastecimento%20de%20C3%81guas-%20Livro.pdf>>. Acesso em: 20 de junho de 2020.
- CRESWELL, John W. Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto. In: **Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Artmed, 2010. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/696271/mod_resource/content/1/Creswell.pdf> Acesso em: 20 de junho de 2020.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. Editora Atlas, 1999. Disponível em: <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWVpbnxtZXRVZG9sb2dpYWNPZW50aWZpY2EyMDE4cGVkfGd4OjJjNTQyOGQ2MGRmYmJmZjQ>>. Acesso em: 20 de junho de 2020.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento**. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/ambiente/Manual%20de%20Saneamento.pdf>>. Acesso em: 19 de junho de 2020.
- JUSTINO, José Damião; NOGUEIRA, Élcio. **Estudo e análise de um sistema de distribuição de água: aplicação do método de Hardy Cross utilizando a equação universal de Darcy-Weisbach e o método de Hazen-Williams**. P 25-35. 2013.

MENDONÇA *et al.* **Aplicação de sistema hidráulico em uma estação de tratamento e elevação de água.** 2014. Disponível em: <http://bambui.ifmg.edu.br/jornada_cientifica/2014/resumos/Eng/Aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20sistema%20hidr%C3%A1ulico%20em%20uma%20esta%C3%A7%C3%A3o%20de%20tratamento.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2020.

NETTO e FERNÁNDEZ. **Manual de Hidráulica. 9ª edição.** 2015. P. 17 e 18. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ejtRDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=hidraulica+artigos+academicos&ots=1tE5Ki9sHs&sig=5D_XQrjvvMvNtVCJ6Ga5potTCXc#v=onepage&q=hidraulica+artigos+academicos&f=false>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

ReCESA. **Abastecimento de água: construção, operação e manutenção de redes de distribuição de água. Guia do profissional em treinamento nível 2.** P. 42. Disponível em: <https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/recesa/construcaooperacaoemanutencaoderedesdedistribuicaoodeagua-nivel2.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2020.

SABESP. **Tratamento de água.** s.d. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47>>. Acesso em 20 de junho de 2020.

SARZEDAS, Guaraci Loureiro. **Planejamento para a substituição de tubulações em sistemas de abastecimento de água. Aplicação na rede de distribuição de água da Região Metropolitana de São Paulo.** 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-20072009-144606/publico/dissertacao_rev.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2020.

TRATA BRASIL. **Venha conhecer as etapas para o tratamento de água.** 2019. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2019/04/18/venha-conhecer-as-etapas-para-o-tratamento-de-agua/>>. Acesso em: 20 de junho de 2020.

ISOLAMENTO ACÚSTICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS POLIMÉRICOS

Camila Lopes Eckert¹; Daniel Magagnin²; Glaucea Warmeling Duarte³; Márcia Espindola Moraes⁴; Rodolpho de Miranda Machado⁵; Solange Vandresen⁶

¹Engenharia Civil. Centro Universitário Barriga Verde. Camila.lopes@unibave.net

²ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Centro Universitário Barriga Verde.
magagnind@gmail.com

³ Nutec. Centro Universitário Barriga Verde. gwduarte@gmail.com

⁴Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde.
marcyaspindola@gmail.com

⁵ Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde.
Rodolphom79@gmail.com

⁶ Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde.
Solange.vandresen@unibave.net

Resumo: As construtoras, devido redução de custo e tempo, deixaram as paredes menos resistentes a ruídos. Para atender as normas da ABNT e solucionar o problema nas obras, o presente trabalho propõe a construção de um bloco, feito de poliestireno expandido e pasta de papel, isolante acústico e ecologicamente correto, a fim de aliar a sustentabilidade, tema bastante discutido atualmente, às pesquisas em relação à novos materiais isolantes acústicos. No experimento, primeiramente, construiu-se dois protótipos de madeira, ambos com paredes duplas e uma cavidade no centro. Em um deles, colocou-se o bloco polimérico entre as paredes duplas, o outro protótipo foi mantido sem material nenhum entre elas. O bloco polimérico se mostrou eficiente nos ensaios realizados. O índice de eficiência do isolamento aos ruídos de impacto foi de aproximadamente 8%. Já nas simulações de ruídos aéreos, o material isolante demonstrou uma eficiência próxima a 11,5%.

Palavras-chave: Isolamento acústico. Poliestireno expandido. Pasta de papel.

Introdução

A qualidade acústica dos ambientes é um fator crucial para o bem-estar e o conforto da população. Os ruídos devido ao tráfego, vizinhos, máquinas, indústrias, atividades comerciais e recreativas prejudicam a qualidade de vida das pessoas. Entretanto, a construção civil, com intuito de sanar esse problema, vem realizando pesquisas na área (MICHALSKI, 2011).

Objetivando diminuir o tempo da obra e o custo da construção, os materiais construtivos foram se tornando, ao longo do tempo, mais leves, com as paredes e divisórias de ambientes menos densas. Esse fato acarreta ambientes com menor conforto sonoro. Em função disso, as pessoas acabaram se tornando mais críticas e

valorizando a ideia de investir em empreendimentos que solucionem essa adversidade (QUEIROZ; VIVEIROS, 2008).

Para suprir a necessidade de aperfeiçoar o isolamento acústico das novas construções, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) estabeleceu algumas normas, dentre elas a NBR 15.575/2013, intitulada “Edifícios Habitacionais – Desempenho”, que descreve os métodos de verificação dos ruídos nas edificações e estabelece os níveis de ruídos máximos admitidos nas mesmas (ABNT, 2013).

Para que o bom desempenho acústico da edificação seja obtido, segundo Takahashi (2016), é imprescindível que os elementos construtivos como piso e vedação vertical interna e externa, sejam dimensionados e escolhidos corretamente. Nesse âmbito, materiais como o Poliestireno Expandido (EPS) e vidro, vêm sendo empregados na construção civil visando aperfeiçoar o isolamento acústico das edificações. Entretanto, a fim de associar a necessidade da melhora do isolamento acústico nas edificações à sustentabilidade, Poll (2009), por exemplo, utilizou raspas de pneus descartados como elemento básico na confecção de placas a serem fixadas nas paredes das habitações.

A necessidade da reutilização dos resíduos sólidos, como as raspas de pneus, advém da grande mudança nos hábitos de consumo das pessoas. De acordo com Machado (2006) e Guardabassio (2014), o resíduo sólido é toda sobra oriunda de operações industriais. A Revolução Industrial e as evoluções tecnológicas, segundo os autores, foram determinantes para o crescimento significativo desses resíduos. Eles tornaram-se um problema para os gestores públicos, responsáveis pela limpeza urbana, tendo a gestão de resíduos se configurado num dos grandes desafios impostos na atualidade.

Em 2016, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), o Brasil produziu 71,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Em contraste, os recursos aplicados pelos municípios para realizar os serviços de limpeza urbana no Brasil foram, em média, cerca de R\$ 9,92 mensais por habitante.

Contudo, em meio a esse grande volume de resíduos produzidos, há materiais que podem ser reutilizados de forma eficaz. A construção civil, segundo Buttler (2007), apesar de ser um dos setores que mais gera resíduo, tem grande potencial para reciclá-los. Porém, a despeito das inúmeras pesquisas acadêmicas que analisaram a viabilidade do uso de reciclados na construção, a técnica ainda não é difundida no

setor. Portanto, torna-se importante o desenvolvimento de mais pesquisas que relacionam problemas sociais resolvidos com o auxílio da reciclagem, a fim de incentivar as empresas a empregarem os métodos propostos.

Além disso, os ruídos, conforme Oiticica (2010), não são simplesmente motivo de desconforto. Os efeitos destes para a saúde são amplos a longo prazo. Nesta perspectiva, coloca-se que a ação prática para limitar e controlar a exposição ao ruído ambiental é essencial e que, portanto, deve ser baseada na adequada avaliação científica dos dados disponíveis sobre os efeitos da poluição sonora. As ações para combater o efeito do ruído nas pessoas necessitam das buscas incessantes de decisões em variadas áreas e setores.

Portanto, a finalidade deste trabalho é verificar a eficiência do isolamento acústico de um bloco, com características porosas, composto por Poliestireno Expandido (EPS) e Pasta de Papel, respeitando as normas contidas na NBR 15.575. O mesmo propõe, também, expor a viabilidade de empregar materiais reciclados na fabricação de blocos isolantes acústicos, difundindo o dever das empresas de preocuparem-se com a sustentabilidade.

Os objetivos específicos do trabalho são testar uma das formas sustentáveis de isolamento acústico e comparar a eficiência acústica do protótipo com e sem o bloco isolante acústico.

Procedimentos Metodológicos

Segundo Gil (2008), considera-se a abordagem do trabalho quantitativa quando envolve análise de conteúdo e de discurso, obtendo-se conclusões correspondentes aos dados coletados. Portanto, o presente trabalho apresenta abordagens quantitativas, através de estudos em ambientes com escala reduzida (maquete), a fim de levantar dados comparativos, uma vez que o objetivo estabelecido é medir a efetividade da atenuação dos diversos tipos de ruídos, verificando a eficiência quando utilizado paredes duplas com preenchimento de resíduos poliméricos.

Seleção das matérias-primas

As matérias-primas utilizadas no experimento foram: a) papelão; b) isopor; c) papel jornal; e d) caixa de ovo. O papelão, a caixa de ovo e o papel jornal, são elementos reiteradamente descartados em aterros sanitários. Portanto, justifica-se o uso desses materiais considerando a necessidade da reutilização dos mesmos. Já o

poliestireno expandido (EPS), foi utilizado devido às suas boas características acústicas, como citado pelos autores Knauf (2007), Costa (2006) e Oliveira (2013).

Elaboração da pasta polimérica

Na elaboração da pasta polimérica, resíduos de papelão, isopor, papel jornal e caixa de ovo foram moídos em um moinho de facas modelo MF300R, da marca Mecanofar, com o intuito de aumentar a área específica dos materiais. A Figura 1 apresenta o papelão após ser triturado.

Figura 1 – Papelão triturado.



Fonte: Autores (2017).

Após a moagem iniciou-se a preparação da massa. Em um compartimento retangular com capacidade de 110 litros foram adicionados 17 litros de água e 5,3 kg de matéria-prima. A Tabela 1 demonstra as proporções de cada material, definidas de acordo com a disponibilidade de cada um. O bloco confeccionado possui uma área de 0,36 m² com 10 cm de espessura. O ligante utilizado na mistura para garantir a consistência e compacidade aos blocos, foi cola da marca Cascorez, modelo Extra Adesivo PVA. Foram utilizados 350 gramas do ligante ao longo do experimento.

Tabela 1 – Formulação da pasta polimérica.

Componente	Proporção de Material (%)
Água	75,05
Papelão	6,62
Papel jornal	10,15
Isopor	2,23
Caixa de ovo	4,41
Ligante	1,54
Total	100

Fonte: Autores (2017).

Moldagem

Após o preparo, a pasta foi moldada em formas articuladas, conforme a Figura 2, de modo a formar blocos de 10 cm de espessura.

Figura 2 – Molde desmontável.


Fonte: Autores (2017).

Para confeccionar os blocos, as matérias-primas, já em forma de pasta, foram adicionadas aos poucos dentro do molde e ao mesmo tempo sendo compactadas manualmente, a fim de que pudesse preencher todas as partes internas da cavidade do molde. Para a realização do desmolde, a forma é aberta e retirada deslocando-se em sentido oposto ao bloco cada seção do molde. As Figuras 3 e 4 mostram,

respectivamente, a compactação e o desmolde. Os blocos foram secos de forma natural, expostos ao ar livre durante uma semana.

Figura 3 – Confeção dos blocos



Fonte: Autores (2017).

Figura 4 – Desmolde do bloco



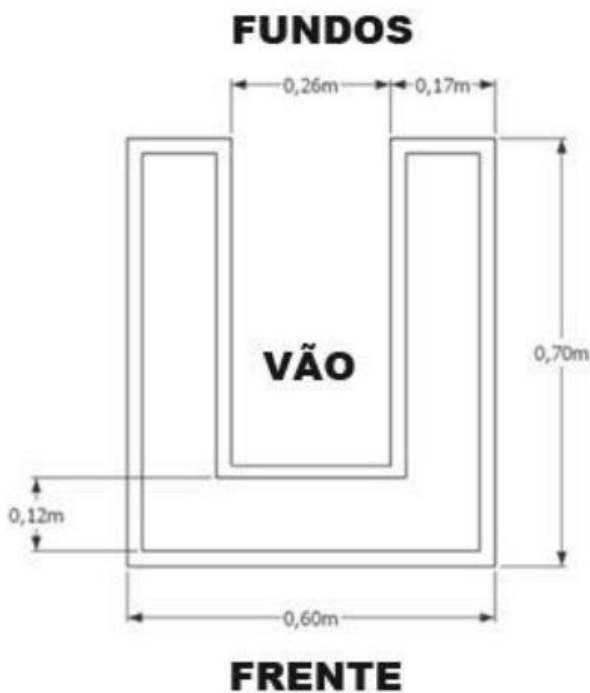
Fonte: Autores (2017).

Construção das maquetes

As duas maquetes possuem as mesmas dimensões com paredes de madeira do gênero eucalipto com 2,5 cm de espessura (medida real utilizada atualmente nas construções populares). Os protótipos são constituídos de três paredes externas, sendo uma frontal e duas laterais. A parte interna segue mesmo desenho, entretanto

seguindo um espaçamento de 10 cm de folga com a parede externa para colocar a pasta polimérica. O assoalho do protótipo também é do gênero eucaliptos e possui a mesma espessura que a tábua utilizada nas paredes, o que a diferencia é a forma dos encaixes. No forro foram utilizadas tábuas de 0,5 cm de espessura. A parte de trás da maquete ficou aberta pela necessidade de introduzir o decibelímetro. A Figura 5 ilustra a maquete com parede dupla, porém sem o isolante acústico.

Figura 5 – Vistas superior da maquete.



Fonte: Autores (2017).

Medição do ruído

Para a medição do ruído foi utilizado um decibelímetro (marca INSTRUTHERM e modelo DOS-500), aparelho medidor de pressão sonora. O mesmo foi submetido à um som ambiente. Em seguida, observou-se o valor medido pelo aparelho. Posteriormente, no vão de cada maquete, foi alocado um decibelímetro. Então, com as duas maquetes a uma distância equivalente da emissão do mesmo som ambiente do primeiro ensaio, observou-se o nível dos ruídos mostrados em cada um dos aparelhos.

Para simular o ruído aéreo de um processo produtivo, as máquinas de uma marcenaria foram ligadas com média de 117 dB. Em seguida, um decibelímetro foi

utilizado na medição do valor real da intensidade dos ruídos no lado de fora das maquetes. A fim de obter-se o valor da intensidade dos ruídos no interior dos protótipos, alocou-se um decibelímetro em cada um deles, ainda com o maquinário em funcionamento.

Na medição dos ruídos de impacto na parede do protótipo, um decibelímetro foi posicionado fora da maquete e outro no vão interno da mesma. Em seguida realizou-se alguns impactos na parede do protótipo com média de 83,2 dB, a fim de obter-se o valor médio da intensidade do ruído nos aparelhos. Este mesmo ensaio foi realizado em ambos os protótipos. Para os impactos no solo, a mesma metodologia foi adotada.

Os ensaios foram realizados cinco vezes cada um, com propósito de obter-se, além de uma média dos valores, um experimento mais próximo da realidade.

Resultados e Discussão

Avaliação do peso

Para cada metro quadrado de parede isolante acrescenta-se 15,93 kg de peso à construção. Após seca, a pasta fica com 15,6647 kg/m². Considerando que, se o bloco tivesse secado completamente, seu peso final seria 15,66 kg/m², observou-se que 0,0047 kg/m² é a umidade restante no bloco. Portanto, o mesmo fica com 1,75% de umidade residual. A seguir, a Tabela 2 apresenta as quantidades necessárias de cada material para a construção de uma parede de 10 cm de espessura.

Tabela 2 – Peso matéria-prima para uma área de 1 m².

Componente	Peso (Kg/m²)
Água	0,27
Papelão	4,16
Papel Jornal	6,38
Isopor	1,38
Caixa de ovo	2,77
Ligante	0,97
Total	15,93

Fonte: Autores (2017).

Como o bloco foi seco de forma natural, restou ainda umidade residual. O ideal seria eliminar toda a água presente no sistema para eliminar possibilidades de

formação de mofo, fungos e evitar a degradação do bloco. Mesmo utilizando materiais com baixo peso específico, considera-se que o peso do bloco ficou elevado quando comparado com as espumas utilizadas como atenuadores de ruído, que possuem um peso específico menor que 1kg/m^2 .

Avaliação do ruído

A Tabela 3 demonstra o índice de eficiência do bloco polimérico aos ruídos aéreos. Comparando o ruído emitido pela fonte (valor real) para o protótipo com isolamento, obteve-se uma redução de 5,2 dB. Quando comparado os protótipos o resultado alcançado foi de 4,2 dB de atenuação para o som ambiente.

Os valores absolutos de atenuação em um sistema produtivo mostraram-se mais efetivos, chegando a 4,9 dB de atenuação entre os protótipos e 13 dB quando avaliado em relação ao valor real do ruído.

Tabela 3 – Medição dos ruídos aéreos.

Método	Média do valor real do ruído dB	Média do protótipo com isolamento dB	Média do protótipo sem isolamento dB	Atenuação entre os protótipos dB	Índice de eficiência do protótipo com isolamento %
Som Ambiente	41	35,8	40	4,2	12,8
Simulação de um sistema produtivo	117	104	108,9	4,9	11,11

Fonte: Autores (2017).

Uma das justificativas para a eficiência considerável do bloco polimérico, mostrado na Figura 6, na absorção sonora é a sua porosidade. Carvalho (2010) ressalta que os materiais que têm a capacidade de absorver melhor o som são os macios e porosos, haja visto que os mesmos são capazes de dissipar a energia acústica e transformá-las em energia térmica no interior de seus poros. Considerando-se um ruído aéreo, a primeira providência é enclausurar, ou seja, independente do material, quanto mais fechado o ambiente, melhor o isolamento acústico no seu interior.

Figura 6 – Bloco polimérico.


Fonte: Autores (2017).

A Tabela 4 mostra uma média de aproximadamente 8% referente ao índice de eficiência do isolamento ao ruído de impacto, ou seja, uma média 3,9% menor que a média do índice de eficiência do isolamento ao ruído aéreo. Isso se explica, segundo Carvalho (2010), pelas diferentes formas de isolamento para cada um dos ruídos.

Tabela 4 – Medição dos ruídos de impacto.

Método	Média do valor real do ruído dB	Média do protótipo com isolamento dB	Média do protótipo sem isolamento dB	Atenuação entre os protótipos dB	Índice de eficiência do protótipo com isolamento %
Impacto na parede do protótipo	83,2	77	80,4	3,4	7,45
Impacto sobre o solo	73,1	66,8	70,8	4	8,61

Fonte: Autores (2017).

Carvalho (2010) esclarece que a melhor forma de conter um ruído de impacto é absorvê-lo na fonte, ou seja, aplicando um material elástico na parte externa da parede onde o impacto é realizado. Portanto, no presente ensaio, é compreensível a diferença na eficiência dos isolamentos, visto que o protótipo foi planejado para

confinar o decibelímetro. Além disso, a parede exterior do mesmo era de madeira, material pouco elástico, o qual dificulta a absorção do impacto.

A comparação dos valores de impacto do ruído, em decibéis, mostra ainda que o índice de eficiência do protótipo com isolamento de pasta polimérica é de 7,45% a mais em relação ao protótipo sem isolamento. A diferença numérica pode parecer pequena, mas em um edifício essa diferença pode ser sentida pelos habitantes, influenciando em sua qualidade de vida.

Apesar da eficiência da pasta polimérica, a mesma não é conhecida e aplicada no setor construtivo. Alguns autores, como Júnior (2014), optam por comparar e avaliar o isolamento acústico dos materiais já difundidos no setor. Em sua dissertação intitulada Avaliação do Desempenho Acústico de Edificações segundo a NBR 15.575 na Região Metropolitana do Recife, o autor aborda a eficiência dos blocos de gesso utilizados com fins de isolamento acústico, por exemplo.

Além dessa, pode-se citar como exemplo o estudo realizado por Oliveira (2007), que investigou a viabilidade da duplicação de janelas visando a melhoria do isolamento acústico dos ambientes. Os dois autores, apesar de comprovarem a eficiência de suas pesquisas, limitaram-se a utilização de materiais já conhecidos no setor construtivo, desconsiderando a atual necessidade de pensar na sustentabilidade na hora da construção.

Considerações Finais

O bloco polimérico, apesar de ser constituído de matérias-primas leves, tornou-se pesado em relação a outros materiais utilizados na construção como isolantes acústicos. A fim de minimizar o problema, seria possível, por exemplo, reduzir a compactação do bloco e manter seu volume.

Outra possibilidade seria aumentar a proporção de EPS no bloco polimérico. O mesmo, por ser um material poroso, diminuiria o peso específico do bloco e aumentaria ainda mais a atenuação dos ruídos aéreos.

A maior efetividade no isolamento acústico do bloco, ocorreu na atenuação do ruído aéreo na simulação de um sistema produtivo, alcançando uma diferença de 13 dB entre o valor real do ruído e o valor no interior do protótipo.

Os ensaios realizados nos protótipos permitiram demonstrar a eficiência da pasta polimérica utilizada como um isolante acústico. Contudo, os resultados obtidos

mostram que ainda são necessárias mais pesquisas acerca do tema, a fim de incluir, ainda mais, a sustentabilidade no setor construtivo.

No que tange características específicas da pasta de resíduos poliméricos, mostram-se como pontos positivos a trabalhabilidade, a capacidade de atenuação, a aplicabilidade, a sustentabilidade e a durabilidade. Contudo, o peso da obra se mostrou como ponto negativo.

Considerando os danos causados pelo papel e papelão quando descartados em aterros, se faz necessário o incentivo a reutilização dos mesmos. Portanto, a construção civil, como um dos setores que mais abre espaço para produtos ecologicamente corretos, deve juntar-se às universidades, visando avançar nas pesquisas relacionadas ao tema proposto.

Em suma, o projeto como um todo mostrou se eficaz, porém, como qualquer outro escopo, necessita de aprimoramento. O peso final de um isolamento completo torna-se alto, tendo em vista que quanto maior a carga, maior deve ser o dimensionamento da infraestrutura, algo caro dentro da construção civil.

Portanto, o presente trabalho abre espaço para novas pesquisas acerca do tema. A adoção de novas proporções de matérias primas, a variação da granulometria dos materiais e o uso de novas metodologias na medição dos índices são exemplos de variáveis que podem ser exploradas, a fim de aperfeiçoar os temas aqui propostos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2016. 64 f. São Paulo. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho, parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-2**: Edificações habitacionais - Desempenho, parte 2: Requisitos para sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-3**: Edificações habitacionais - Desempenho, parte 3: Requisitos para os sistemas de piso. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações

habitacionais - Desempenho, parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO - ABRAPEX. **Manual de utilização de espuma de poliestireno expandido na Construção Civil**. 1. ed. São Paulo - SP: PINI, 2006.

BARROS, Henrique do Carmo. **Fabricação de tijolos prensados com agregados reciclados de telhas cerâmicas, cimento portland e cinza de casca de arroz**. 2012. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Edificações, Ufmg, Cuiabá, 2012. Disponível em: <<http://200.129.241.80/ppgeea/sistema/dissertacoes/51.pdf>>. Acesso em 10 de Dezembro de 2017.

BETSUYAKU, Renato Yochio. **Construção de eco tijolos com adição de areia diatomácea**. 2015. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Unifoa, Volta Redonda, 2015. Disponível em: <http://web.unifoa.edu.br/portal_ensino/mestrado/memat/arquivos/dissertacao/renato_yochio.pdf>. Acesso em: 10 de Dezembro de 2017.

BEZERRA, L. A. C. **Análise de desempenho térmico de sistema construtivo de concreto com espuma de poliestireno expandido como agregado graúdo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal - RN, 2003. Disponível em: <<ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/LucianoACB.pdf>>. Acesso em: 15 de Dezembro de 2017.

BUTTLER, Alexandre Marques. **Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural**. 2007. 535 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Usp, São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-16102007-1111106/ptbr.php>>. Acesso em: 09 de Dezembro de 2017.

CALMON, J. L. **Resíduos industriais e agrícolas**. Materiais de construção civil e princípios de ciências e engenharia de materiais. São Paulo: G.C. Isaia. IBRACON, 2007. v. 2, p. 1591 a 1626.

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica Arquitetônica**. 169p. Brasília, 2010.

COSTA, Leticia Alves da. **Síntese e caracterização do poliestireno expansível: emprego conjunto de água e pentano como agentes de expansão**. 2006. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Ufsc, Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp096259.pdf>>. Acesso em: 11 de Dezembro de 2017.

DIAS, F. S. **Etapas e Procedimentos nos Canteiros de Obras e Suas Influências no Desperdício na Construção Civil**. Campo dos Goitacazes, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campo dos Goitacazes, 2006.

FARIAS, P. M. A. **Construção Sustentável: contributo para o processo de construção na alteração de uso nos Edifícios**. Lisboa, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: <http://docentes.fct.unl.pt/ma/files/artigo_pedro_sousa_cincos_v2.pdf>. Acesso em: 15 de Dezembro de 2017.

FERRAZ, Rafaela. **Atenuação de ruído de impacto em pisos de edificações de pavimentos múltiplos**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte/MG. Disponível em <<http://pos.dees.ufmg.br/defesas/545M.PDF>>. Acesso em 15 de Dezembro de 2017,

GERGES, S. N. Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. Florianópolis: NR Ed, 2ª ed, 2000.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUARDABASSIO, Eliana Vileide. **Gestão pública de resíduos sólidos urbanos na região do grande abc**. 2014. 249 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Uscs, São Caetano do Sul, 2014. Disponível em: <http://repositorio.uscs.edu.br/bitstream/123456789/499/2/DISSERTACAO_ELIANA_VILEIDE_GUARDABASSIO.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2017.

HONORATO, Ana Maria Borges. **Avaliação de modelos analíticos para a determinação da absorção sonora de materiais poroelásticos**. 2013. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Ufsc, Florianópolis, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/107457>>. Acesso em: 15 de Dezembro de 2017.

INSTITUTO CENTRO DE CAPACITAÇÃO E APOIO AO EMPREENDEDOR. **Reutilização e reciclagem de papel e papelão**. 2015. Belo Horizonte, MG. Disponível em <<http://www.centrocape.org.br/arquivos/4ac3a218d861f5e3bf7907238c9c8d65.pdf>>. Acesso em: 10 de Dezembro de 2017.

KNAUF ISOPOR. Disponível em <http://www.knauf-isopor.com.br/html/inicio.php>. Acesso em: 27 de Setembro de 2007.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 12ª edição, Editora Malheiros, 2006. 399 p.

MARCO, Conrado S. **Elementos de acústica arquitetônica**. 2ed. São Paulo/SP.

MICHALSKI, Ranny Loureiro Xavier Nascimento. **Metodologias para medição de isolamento sonoro em campo e para expressão da incerteza de medição na avaliação do desempenho acústico de edificações**. 2011. 256 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.

MONTEIRO, Marcelo Costa. **Caracterização Tridimensional de Sistemas**

Porosos Carbonáticos Através de Morfologia Matemática, 1995. 170p. Dissertação de Mestrado. Universidade de Campinas. Campinas. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/287243/1/Monteiro_MarceloCosta_M.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2017.

NETO, Maria de Fátima Ferreira. **Nível de Conforto Acústico: Uma proposta para Nobel**, 1982.

OITICICA, Maria Lúcia Godim da Rosa. **Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitorial ventilado**, 2010. Tese(Doutorado). Universidade Estadual de Campinas – Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo.

OLIVEIRA, Livia Souza de. **Reaproveitamento de resíduos de poliestireno expandido (isopor) em compostos cimentícios**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Ufsj, São João Del-rei, 2013. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppmec/LIVIA_SOUZA_DE_OLIVEIRA.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2017.

POLL, Benoine Josué. **Análise da isolamento acústica em parede de habitação popular executada com resíduos de pneus**. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Ufsm, Santa Maria, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7729/POLL,_BENOINE_JOSUE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 dez. 2017.

QUEIROZ, Cintia S. de; VIVEIROS, Elvira B.. **Evolução histórica do isolamento sonoro de fachadas residenciais: estudo de caso em Florianópolis**. 2008. 10 f. UFSC, Florianópolis, 2008.

RINDEL, J.H. Sound insulation of buildings. *In: The International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*, 36., 2007, Istanbul. **Proceedings...** Istanbul, 2007.

SILVA JÚNIOR, Otávio Joaquim da. **Avaliação do desempenho acústico de edificações segundo a nbr 15575 na região metropolitana do recife – edifícios residenciais**, 2014. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Ufpe, Recife, 2014. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/vi ewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=1570650>. Acesso em: 09 de Dezembro de 2017.

TAKAHASHI, Vanessa Fátima de Medeiros. **Desempenho acústico de edificações: ferramenta computacional para avaliação**. 2016. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Unicamp, Campinas, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/322125>>. Acesso em: 09 de Dezembro de 2017.

O USO DE SISTEMAS EMBARCADOS PARA PREDIÇÃO DE FALHAS EM SISTEMAS HIDRÁULICOS DE COMBATE A INCÊNDIO

Jonas Vargaski¹; Johnny Pereira²; Glaucea Warmeling Duarte³; Nacim Miguel Francisco Junior⁴; Max Pereira⁵; Evandro Luiz Martinhago⁶; Felipe Borges da Silva⁷

¹UNIBAVE.E-mail: jonasvargaski@hotmail.com

²UNIBAVE.E-mail: johnny.uug@gmail.com

³UNIBAVE.E-mail: nutec@unibave.net

⁴UNIBAVE.E-mail: si@unibave.net

⁵UNIBAVE.E-mail: maxklp@gmail.com

⁶UNIBAVE.E-mail: emartignago@yahoo.com.br

⁷UNIBAVE.E-mail: felipe_fifa@hotmail.com

Resumo: O protótipo desenvolvido ao longo deste estudo controla e supervisiona constantemente este sistema; realiza testes no sistema através de quedas de pressão na rede hidráulica, que simulam a existência de um incêndio e, em caso de falhas, comunicam os responsáveis por meio de mensagens de texto e alertas sonoros. Com relação à classificação da pesquisa, esta é de natureza aplicada. A abordagem utilizada neste trabalho é qualitativa. No tocante ao objetivo, este pode ser definido como explicativo. E, por fim, trata-se de procedimento experimental. Desta forma, foi desenvolvido o protótipo de uma placa eletrônica que controla e automatiza o procedimento de testes de bombas hidráulicas, possibilitando a predição de falhas no SHP, sem interferência humana, conferindo maior segurança e confiabilidade aos sistemas preventivos contra incêndios no âmbito industrial.

Palavras-chave: Sistema hidráulico. Prevenção de incêndio. Eletrônica.

Introdução

De acordo com Brentano (2007), no projeto de uma edificação, principalmente em edificações industriais, a preocupação contra incêndios deve se ater a dois aspectos: a proteção passiva e a proteção ativa. A proteção passiva diz respeito à redução da probabilidade de propagação do incêndio e de seus efeitos, evitando a exposição da edificação e de seus ocupantes ao fogo, através de medidas como a localização adequada dos equipamentos capazes de provocar o incêndio e a utilização na construção de materiais menos suscetíveis ao efeito do fogo. Já a proteção ativa, por outro lado, envolve todas as formas de detecção, de alarme e de controle na expansão do fogo até a chegada do corpo de bombeiros.

A forma mais comum e eficiente de extinção do fogo, ou seja, de controle de incêndio, é por resfriamento com água. A água é a mais difundida na natureza, portanto, a mais abundante e de menor custo (BRETANO, 2007).

O artigo 122 da Instrução Normativa (IN) 001 do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2017), estabelece que os sistemas de medidas de prevenção de incêndio são exigidos com base: i) tipo de ocupação; ii) altura ou número de pavimentos; iii) área construída; iv) capacidade de lotação; v) risco de incêndio; vi) riscos especiais. Em ocupações industriais, o sistema hidráulico preventivo (SHP), torna-se um item obrigatório quando a edificação possuir quatro ou mais pavimentos ou a soma total da área construída ultrapassar 750m². Para edificações com classificação de risco de incêndio leve, ficará a critério do projetista a substituição de hidrantes por mangotinhos. Em edificações com risco médio ou elevado, torna-se obrigatório a instalação de hidrantes.

Os reservatórios de água responsáveis por abastecer o SHP podem ficar, acima, no nível, ou abaixo do piso do pavimento, devendo fornecer a vazão mínima requerida, variando entre 70 litros por minuto a 600 litros por minuto, conforme o tipo de SHP que foi definido. Quando a pressão da água não for suficiente para atender este requisito, devem-se utilizar 02 bombas hidráulicas de incêndio para reforço, sendo essas uma bomba principal ligada à rede da concessionária, e uma bomba reserva à combustão, ou elétrica ligada a um gerador de emergência ou grupo de baterias, sendo a partida destas realizada de forma automática com a abertura de um hidrante ou acionamento de mangotinho (IN 007, 2017).

Segundo o art.13 da IN 23 (2014), o responsável pelo estabelecimento ou a brigada de incêndio deverá verificar os sistemas preventivos de combate a incêndio, registrando em livro, os problemas identificados e as manutenções realizadas. No sistema hidráulico preventivo devem ser verificados mangueiras e hidrantes semestralmente, devendo acionar o sistema com a abertura de pelo menos um hidrante durante a realização do teste.

Apesar de todas essas exigências, em setembro de 2018, um incêndio de grandes proporções atingiu o Museu Nacional do Rio de Janeiro, destruindo grande parte do acervo, o qual contava com cerca de 20 milhões de peças. Segundo o comandante do corpo de bombeiros do Rio de Janeiro, um dos fatores para o alastramento do fogo foi um problema no funcionamento dos hidrantes (INCÊNDIO, 2018).

Nesse contexto, a preocupação com os sistemas hidráulicos no âmbito de controle de incêndios mostra-se relevante. O método atual de controle das bombas e hidrantes, apesar de eficiente, depende de atenção quanto à manutenção preditiva,

pois para garantir que estará apto a funcionar na ocorrência de um sinistro, devem ser realizados testes periódicos no sistema. O sistema contra incêndio não é utilizado com frequência, geralmente apenas em casos de necessidade. Assim, mesmo atendendo ao disposto na IN 23, falhas no funcionamento dos hidrantes podem causar eventuais incêndios

O SHP é um dos itens essenciais para combater incêndios, o que torna seu perfeito funcionamento um requisito de extrema importância. Mas como garantir que em uma ocorrência de sinistro ele estará apto a funcionar?

Diante do exposto, o objetivo principal deste artigo propõe a automatização do controle de bombas hidráulicas de combate a incêndio que compõem o SHP em ocupações industriais, agregando maior segurança ao sistema. Como objetivos específicos, tem-se: o desenvolvimento de uma placa eletrônica utilizando microcontrolador PIC e linguagem de programação C, para monitoramento constantemente da pressão da rede de água; desenvolver sistema de emissão de alerta sonoro, envio de mensagem de texto e ligações telefônicas para até dois números de celular; criar testes automatizados nas bombas do SHP; criar registros dos testes com suas respectivas datas.

O protótipo visa trazer mais segurança ao método de controle de incêndios, automatizando a predição de falhas do sistema hidráulico preventivo. Além disso, pretende-se comandar todo o conjunto de bombas, em um único dispositivo, eliminando a utilização de diversos componentes eletrônicos para a aplicação.

Procedimentos Metodológicos

O caráter da natureza da pesquisa deste trabalho é classificada como aplicada, pois tem como objetivo desenvolver um protótipo capaz de realizar testes automatizados em sistemas hidráulicos preventivos de incêndio, possibilitando a predição de falhas. Gerhardt e Silveira (2009), definem que este tipo de pesquisa objetiva gerar conhecimentos para uma aplicação prática, voltados para problemas específicos.

Quanto à forma de abordagem utilizada, pode ser classificada como qualitativa, pois necessita de constante observação durante o processo de desenvolvimento, para fazer os ajustes necessários. Segundo Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa qualitativa não se preocupa com a representação numérica, mas sim busca explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito.

O objetivo de pesquisa é definido como explicativa, visando decifrar as teorias e relações por meio da experimentação. Segundo Gil (2008), este tipo de pesquisa visa identificar os fatores que contribuem ou determinam a ocorrência dos fatos.

Quanto ao procedimento adotado na coleta de informações, pode ser considerado como experimental, o qual consiste em submeter os objetos de estudos à influência de variáveis, em condições controladas, observando os resultados que estas produzem no objeto de estudo (GIL, 2008).

Para o desenvolvimento deste protótipo optou-se por utilizar o microcontrolador PIC18F452, pelo fato de ser um microcontrolador de baixo custo, além de possuir todos os periféricos necessários, sendo estes portas de I/O (entrada e saída), utilizadas para ativar LEDs, relés entre outras, comunicação serial, o que torna possível a conectividade com outros microprocessadores externos, portas analógicas que possibilitam ler sinais elétricos e torná-los mensuráveis, além de ser possível gravar o *software* desenvolvido de forma muito fácil através do gravador "pickit3", disponibilizado pela fabricante do microcontrolador.

Como IDE de programação utilizou-se a MPLABX IDE, disponibilizada de forma gratuita pela Microchip, fabricante do microcontrolador, utilizando linguagem de programação C, e o compilador XC8, o qual tem por função converter o código escrito em C para linguagem de máquina, ou hexadecimal.

Utilizou-se em conjunto, o circuito integrado DS1307 com o BR24C04, para que, em caso de desligamento da rede elétrica, seja mantido o registro dos testes, juntamente com a data e hora.

Para realizar a comunicação GSM com dispositivos celulares, optou-se por utilizar o módulo GSM SIM800L, sendo este desbloqueado para operar com qualquer provedor de telefonia móvel, além de possuir antena externa, dispondo de uma melhor qualidade de sinal. Este módulo é integrado ao microcontrolador PIC através da comunicação serial.

Já para a interface homem-máquina utilizou-se um display de LCD de 20 colunas por 4 linhas, com luz de fundo em Led, possibilitando a visualização noturna, e um teclado de membrana de 4 botões para interação do usuário com o protótipo.

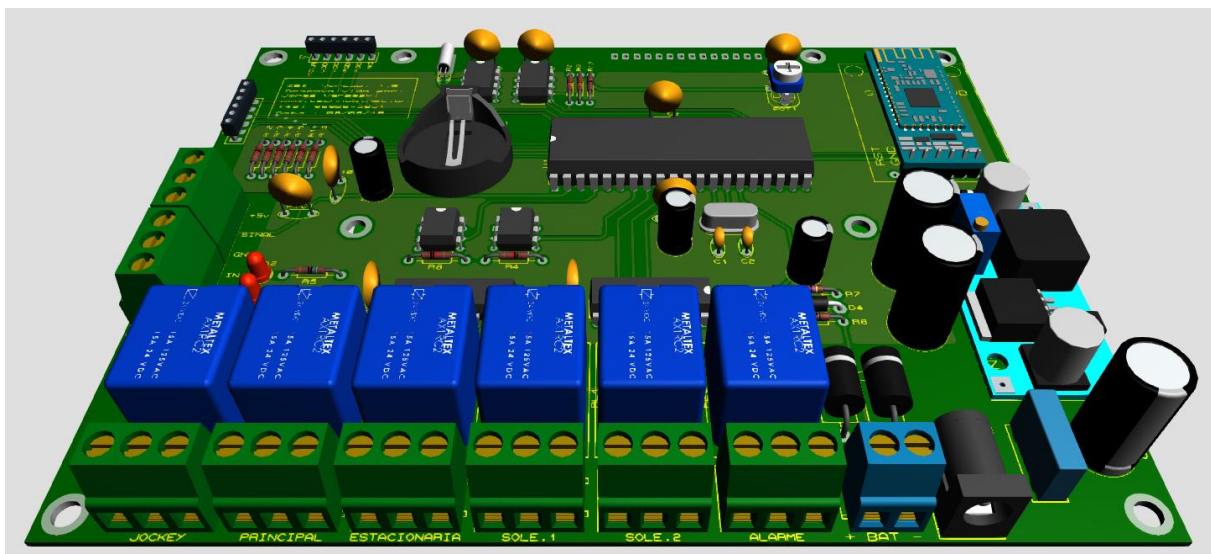
Para realizar a leitura de pressão, utilizou-se o sensor transdutor de pressão modelo USP-G41-1.2, que suporta pressão entre 0~12bar, que são convertidos em sinais elétricos na faixa de 0,5~4,5 volts, tensão suportada pelo microcontrolador.

Uma vez gravado o *software* no microcontrolador PIC, o mesmo fica em execução contínua, os dados sobre a pressão são captados através do transdutor de pressão, convertidos em valores mensuráveis, onde são comparados com a configuração do usuário, tomando as decisões necessárias para controlar as bombas hidráulicas.

Para o desenvolvimento do leiaute da placa de circuito impresso (PCI), utilizou-se o *software* Proteus CAD, o qual possui uma versão de testes disponibilizada gratuitamente, contanto com uma vasta biblioteca de componentes eletrônicos, e ferramentas para o desenvolvimento, desde a prototipação até a fase de produção (LABCENTER, 2019).

A figura 1 exibe a placa de circuito impresso gerada em formato 3D, juntamente com os componentes posicionados e interligados.

Figura 1 – Placa de circuito impresso, plano 3D.



Fonte: Autores (2019).

A partir disto foi construído o protótipo da placa de circuito impresso. Sua confecção foi realizada na empresa JCLPCB de Hong Kong no sudeste da China. A empresa oferece custos de fabricação muito abaixo do mercado brasileiro, para a confecção de 10 PCI o custo aproximado foi em torno de R\$145,00. Todo o processo de pedido de fabricação, pagamento e transporte é realizado pelo site da empresa, de forma muito clara, após identificação do pagamento o pedido é enviado em um prazo de dois dias úteis. Já a montagem dos componentes eletrônicos na placa foi realizada em laboratório.

Resultados e Discussão

Conforme o objetivo proposto pelo trabalho, o protótipo monitora a pressão a rede de água, converte em um valor mensurável, comparando com os ajustes informados pelo usuário, realizando assim o controle das bombas do SHP, também envia SMS e realiza ligações telefônicas ao término de um teste agendado, ou quando a pressão configurada estiver abaixo dos parâmetros ajustados, sinalizando através de sinal sonoro. O protótipo também salva os registros de testes que já ocorreram em sua memória interna para acompanhamento posterior.

As figuras 2 e 3 apresentam o protótipo em funcionamento.

Figura 2 - Imagem externa do protótipo.



Fonte: Autores (2019).

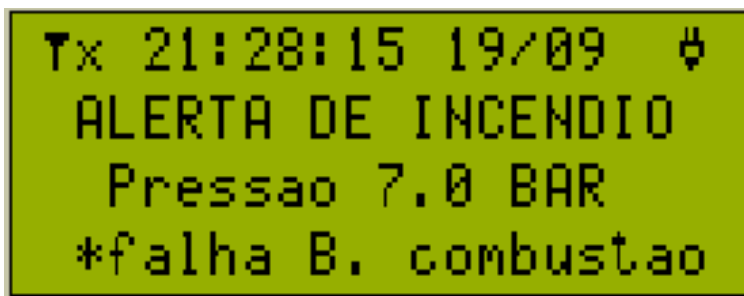
Figura 3 - Imagem interna do protótipo.



Fonte: Autores (2019).

A Figura 4 é a tela principal, nela é representada a intensidade do sinal do módulo GSM, variando de 1 a 3 barras, caso haja algum problema referente ao módulo GSM será exibido um “X” ao lado da torre, indicando falha. Nesta tela também são exibidas informações de data e hora atual, pressão da rede hidráulica, indicador de falta de energia elétrica, e falhas no sistema ou nas bombas quando identificados.

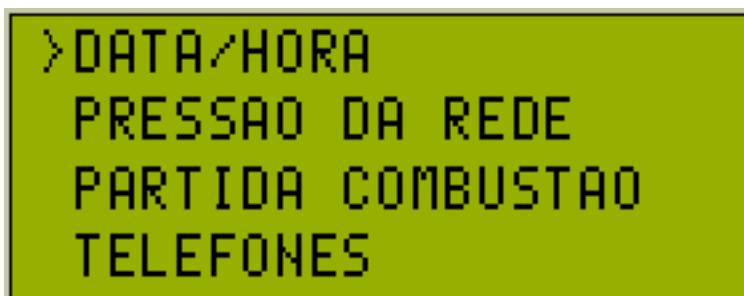
Figura 4 – Tela principal.



Fonte: Autores (2019).

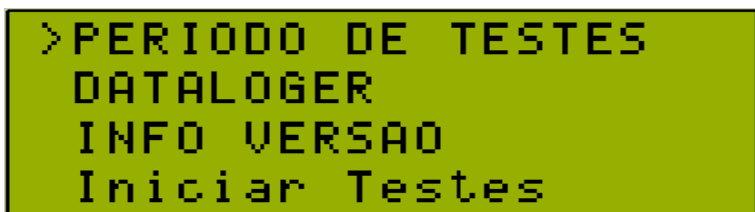
Através do teclado o usuário pode navegar entre as telas, entrar nas configurações e alterá-las. Para acesso as configurações do protótipo, na tela principal deve-se apertar a tecla “OK”, as figuras 5 e 6 representam o menu de configurações do protótipo.

Figura 5 - Menu de configuração 1.



Fonte: Autores (2019).

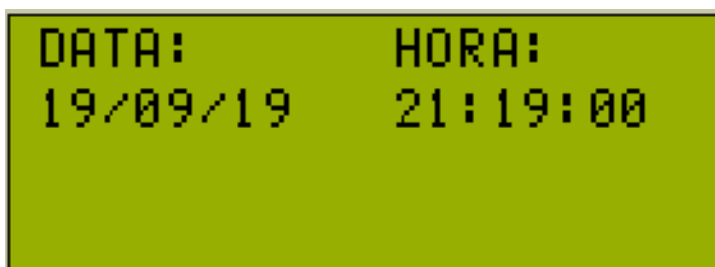
Figura 6 – Menu de configuração 2.



Fonte: Autores (2019).

Nas telas representadas pela figura 5 e figura 6, o usuário pode navegar entre os itens através das teclas direcionais, para entrar na opção deve apertar a tecla “OK”, já para voltar, ou retornar ao menu inicial deve-se apertar a tecla “ESC”. A figura 7 representa a tela de configuração da data e hora.

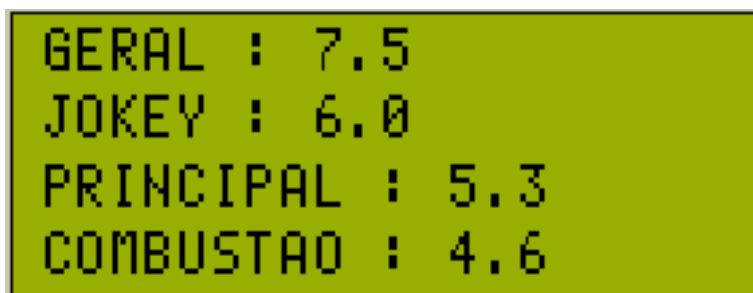
Figura 7 – Configuração de data e hora.



Fonte: Autores (2019).

A configuração da data e hora no protótipo conforme apresentado na figura 7 serve para o controle dos registros salvos. Estes registros não serão perdidos quando o mesmo for desligado da rede elétrica. Para ajuste das configurações deve-se utilizar as teclas de “navegação” para alterar os valores, para navegar entre os itens deve-se utilizar a tecla “OK”. O item selecionado no momento da alteração permanecerá piscando intermitentemente indicando ao usuário qual configuração está sendo alterada. Avançando nas configurações, a figura 8 representa a tela de configuração da pressão da rede hidráulica.

Figura 8 – Configuração da pressão da rede hidráulica.



Fonte: Autores (2019).

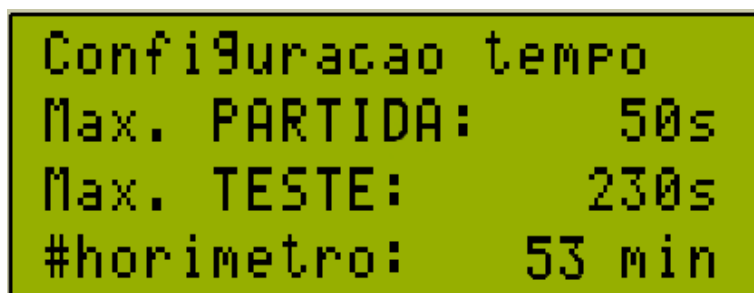
Na tela de configuração da pressão da rede hidráulica conforme figura 8 o usuário define qual a pressão em que cada bomba será acionada. A primeira opção “GERAL” indica a pressão ideal em que deve permanecer a rede hidráulica, podendo

variando de 0 a 9.9 BAR. As opções “JOCKEY”, “PRINCIPAL”, e “COMBUSTÃO” indicam a pressão referente ao acionamento de cada bomba.

Os acionamentos são independentes, se a pressão da rede estiver abaixo da configuração “JOCKEY”, a bomba auxiliar entra em funcionamento para normalizar a pressão da rede. Este processo ocorre devido a vazamentos existentes na rede hidráulica. Caso haja a abertura de algum hidrante conseqüentemente a pressão irá cair, quando a mesma estiver abaixo da configuração definida para a bomba principal ou combustão, será identificada como disparo de incêndio, neste momento o display passa a exibir a mensagem de “ALERTA DE INCENDIO”, o protótipo começa a enviar mensagens de texto, e realizar ligações informando sobre o incêndio. Somente serão desligadas as bombas após um disparo de incêndio quando a pressão estiver acima da configuração “GERAL” e pressionado a tecla “ESC”.

O protótipo possui uma tela exclusivamente para configurações da bomba a combustão como pode-se observar na figura 9.

Figura 9 – Tela de configuração bomba combustão.



```

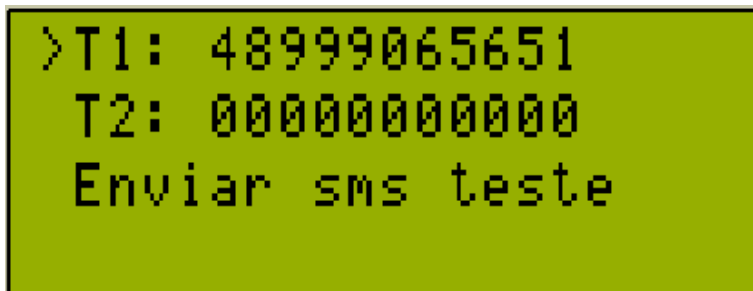
Configuracao tempo
Max. PARTIDA:    50s
Max. TESTE:     230s
#horimetro:     53 min
    
```

Fonte: Autores (2019).

A bomba a combustão necessita de algumas configurações adicionais, uma delas refere-se quanto ao tempo máximo de partida. Na tela de configuração da bomba combustão conforme figura 9, é determinado um período limite para o motor entrar em funcionamento, o protótipo ativa a válvula que libera o fluxo de óleo para o motor, após tenta dar a partida neste, com intervalos de 5 segundos ligando, e 7 segundos aguardando a próxima tentativa. Caso o tempo total ultrapasse o informado na configuração “Max. PARTIDA”, o protótipo acusará falha na bomba a combustão. Esta ação torna-se necessária para preservar as baterias responsáveis pela partida da bomba a combustão em caso de falta de rede elétrica. Já a configuração “Max. TESTE”, indica por quanto tempo a bomba a combustão permanecerá ligada durante

os testes. Nesta tela também é apresentado um indicador “#horímetro” informando ao usuário o tempo que o motor permaneceu ligado, utilizado para eventuais manutenções. A figura 10 representa a tela de configuração de números telefônicos.

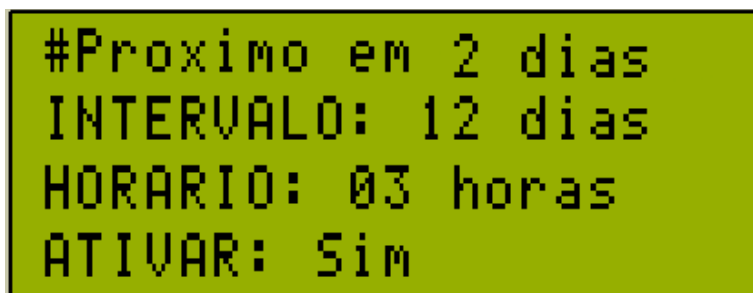
Figura 10 – Tela de configuração de números telefônicos.



Fonte: Autores (2019).

Na tela de configuração de números telefônicos conforme representada pela figura 10, o usuário pode cadastrar até dois números de telefone celular, incluindo DDD. Ao pressionar entrar na opção “Enviar sms teste”, o protótipo enviará uma mensagem de texto breve aos números configurados, confirmando a comunicação com os mesmos. A figura 11 representa a tela de configuração de testes.

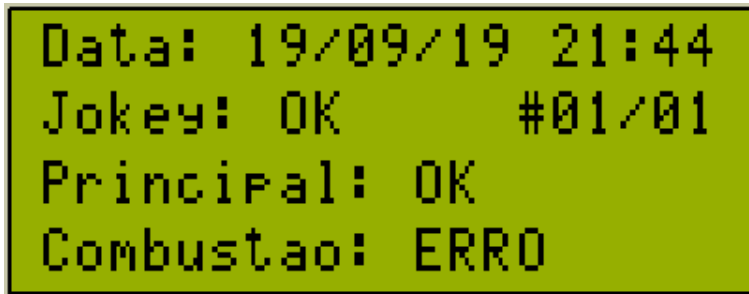
Figura 11 – Tela de configuração dos testes.



Fonte: Autores (2019).

Na tela de configuração representada pela figura 11, é possível definir o intervalo de dias em que será realizado o teste automático das bombas, bem como o horário do dia. Pode-se desativar a funcionalidade de testes automáticos através da opção “ATIVAR”. É possível também visualizar quando será realizado o próximo teste. A figura 12 representa os registros de testes realizados anteriormente.

Figura 12 – Histórico de registros de testes.



Fonte: Autores (2019).

Na tela de histórico de registros representadas na figura 12, o usuário pode visualizar o histórico de testes realizados, com informações de data e hora, status de cada bomba, e um contador, exibindo a quantidade de registros salvos.

No menu de configuração 2, conforme representado pela figura 6, a opção “Iniciar testes”, prove a possibilidade de o usuário iniciar momentaneamente os testes das bombas.

No processo de teste, é acionado uma válvula que drena a pressão da rede de volta para o reservatório, até atingir 1 BAR abaixo da opção “GERAL” definido na tela de configuração de pressão, conforme figura 8, após fecha-se a válvula e aciona a primeira bomba, contabilizando um tempo máximo para a mesma recuperar a pressão. O processo repete-se individualmente. Caso alguma bomba não consiga retornar a pressão, será ativado um alerta sonoro e a indicação de falha na bomba será exibida no display até algum responsável averiguar a situação. Ao término do teste, o protótipo enviará uma mensagem de texto informando o status de cada bomba.

Considerações Finais

O estudo teve como objetivo desenvolver uma placa eletrônica para controlar, e automatizar o processo de teste das bombas hidráulicas do sistema preventivo de combate a incêndio no âmbito industrial.

Atualmente os sistemas hidráulicos preventivos utilizados em indústrias, necessitam de supervisão, devendo esta ser feita pela equipe de brigadistas, técnico de segurança ou o corpo de bombeiros. Por este motivo, caso não seja dada a devida atenção, o sistema pode não estar apto a funcionar quando houver necessidade. O protótipo desenvolvido ao longo deste estudo supervisiona constantemente este

sistema, realizando a leitura da pressão e aciona as bombas, o protótipo também simula quedas de pressão na rede hidráulica para fazer as bombas ligarem, assim verificando seu perfeito funcionamento, em caso de falha, comunicando os responsáveis através de mensagens de texto e alerta sonoro.

Inicialmente o protótipo funcionou corretamente, porém ainda não foi possível implantá-lo em um cenário real, devido ao pouco tempo disponível para elaboração do estudo.

Com os resultados obtidos dos testes realizados em laboratório, foi possível verificar que o protótipo atendeu aos objetivos propostos. Identificou-se nesta etapa que o módulo GSM responsável pelo envio de mensagens de texto, possui dificuldades para a captura do sinal da rede telefônica, então foi necessário o uso de uma antena externa, para melhorar a recepção do sinal.

Os próximos passos desse estudo buscam realizar a implantação do protótipo em empresas que utilizam o SHP. Além disso, poder conectar a central de alarme de incêndio ao protótipo, para comunicar via mensagem de texto não somente quando houver queda de pressão, mas também quando algum dos sensores distribuídos pelo pavimento sendo estes do tipo “quebra vidro” ou detector de fumaça for acionado.

Referências

BRENTANO, Telmo. **Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndio nas Edificações**. 4 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 450p.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Normas de Segurança contra Incêndios - Instrução Normativa IN 01/DAT/CBMSC - Da Atividade Técnica**. 2017. Disponível em: <https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/Em_vigor/IN_001_Da_Atividade_Tecnica_05agosto2019.pdf>. Acesso em: 02/09/2019.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Normas de Segurança contra Incêndios - Instrução Normativa IN 07/DAT/CBMSC - Sistema Hidráulico Preventivo**. 2017. Disponível em: <https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/Em_vigor/IN_007_SHP_01ago2017.pdf>. Acesso em: 02/09/2019.

DAMAS, Luís. **Linguagem C**. 10ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 2007. 422p.

FIORI Alexandre, **O Fantástico Mundo da Linguagem C**. [S.l.: s.n.5], 2018. Disponível em: <<https://fiorix.files.wordpress.com/2014/04/o-fantastico-mundo-da-linguagem-c.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2018.

GERHARDT, Tatiane Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. [S.l.: s.n.5], 2009. Disponível em:
<<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2019.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOBBI, Marco Antônio. **Desenvolvimento de um sistema automatizado para prototipagem de placas de circuito impresso**. Orientador: Jaime André Back. 2014. 63p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação), Centro universitário UNITAVES, Lajeado, 2014.

GUTIERREZ, Regina Maria Vinhais, Paulo Roberto de Sousa Melo, Evaristo Carlos Duarte Rios. **Placa de circuito impresso: Mercado atual e perspectivas**. [S.l.: s.n.], 2001. Disponível em:
<https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1406.pdf>. Acesso em: 08 set. 2019.

INCÊNDIO atinge Museu Nacional, no Rio de Janeiro [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em:
<https://www.em.com.br/app/noticia/nacional/2018/09/02/interna_nacional,985500/incendio-atinge-museu-nacional-no-rio.shtml>. Acesso em: 02 set. 2019.

LABCENTER, Eletronics. [S.l.: s.n.5], 2019. Disponível em:
<<https://www.labcenter.com>>. Acesso em: 07 set.2018.

MICROCHIP. **PIC18FXX2 Data Sheet**. [S.l.: s.n.5], 2006. Disponível em:
<<https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39564c.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2018.

MICROCHIP. **MPLAB X IDE User's Guide**. [S.l.: s.n.5], 2015. Disponível em:
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/50002027D.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2018.

PINHEIRO, Luis Guilherme Pereira. **Projeto do controle de um governador de velocidade para motogeradores diesel para posterior utilização em sistemas embarcados**. Orientador: Mauricio Paz França. 2017. 90 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Pampa, Rio Grande do Sul, 2017.

PEREIRA, Rafael. **Projeto de modernização do sistema de medição de água de resfriamento do gerados da usina hidrelétrica**. Orientador: Stefano Frizzo Stefenon. 2018. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica), Universidade do Planalto Catarinense, Lages, 2018.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC: Programação em C**. 4ª ed. São Paulo: Érica, 2005.

PERILLO, Sergio Ricardo Pereira. **Determinação do tempo de resposta de transdutores de pressão utilizando o método de medida direta.** Orientador: Adalberto José Soares. 1994. 40p. Dissertação (Mestre em ciência na área de reatores nucleares de potência e Tecnologia de combustível nuclear). São Paulo, 1994.

SALLES, Tito Pagoto. **Projeto do controle de varredura automática do tanque acústico.** Orientador: Carlos Dias Maciel. 2009. 58 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia elétrica), Escola de Engenharia de São Carlos – São Paulo, 2009.

SILVA, Leonardo Guimarães. **Aquisição de dados e atuação em um sistema aquapônico utilizando microcontrolador PIC, Módulo Wifi ESP89266 e protocolo MQTT.** Orientador: Adrielle de Carvalho Santana. 2018. 51 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação), Escola de Minas – Ufop, Ouro Preto, 2018.

TEIXEIRA, Gabriel Ramos. **Desenvolvimento de um sistema microcontrolado para redução de perdas associadas ao processo de refrigeração do leite em pequenas propriedades.** Orientador: Gustavo Lobato Campos. 2018. 70p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação), Instituto Federal de Minas Gerais, Formiga, 2018.

TELECO, **GSM-ARQUITETURA.** [S.l.: s.n.5], 2018. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialgsm/pagina_1.asp>. Acesso em: 09 out.2018.

VARGAS, Rafael Sheffer. **Sistemas embarcados: Acoplamento do soft-core plasma ao barramento opb de um powerpc 405.** Orientador: Antônio Augusto Fröhlich. 2017. 90 p. Monografia (Bacharel em Ciências da Computação), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

ZUCCOLOTTO, Marcos, Rodolfo Pedó Pirotti. **Transmissão de dados através de telefonia celular: avaliação de desempenho de uma conexão de dados utilizando GPRS.** [S.l.: s.n.5], 2009. Disponível em: <<http://dspace.unipampa.edu.br:8080/bitstream/riu/1918/1/LUIS%20GUILHERME%20OPEREIRA%20PINHEIRO%20-%202017.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2018.

PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NA ÁREA DE ESTACIONAMENTO DE RUAS CENTRAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO LUDGERO/SC

Adriano Wensing Danielski¹; Júnior Serafim Corrêa²; Manuela Mateus De Bona Cargnin³; Odir Coan⁴

¹Engenharia Civil. UNIBAVE. awd_27@hotmail.com

²Engenharia Civil. UNIBAVE. junior.correa@unibave.net

³Engenharia Civil. UNIBAVE. manucargnin@gmail.com

⁴Engenharia Civil. UNIBAVE. odircoan@gmail.com

Resumo: Este trabalho consiste em um projeto de intervenção na área de estacionamento de ruas centrais no município de São Ludgero/SC, tendo como o seu maior objetivo aumentar o número de vagas de estacionamento. O projeto foi pensado devido grande ocupação das vagas de estacionamento no centro da cidade, situação que vem causando transtorno para a população, pois o aumento da frota de veículos em circulação vem crescendo nos últimos anos. O projeto consiste na implantação de estacionamentos em ângulos de 45°, tendo como a sua principal solução aumentar a quantidade de vagas ao longo da Rua Padre Auling e nas Avenidas Henrique Buss e Monsenhor Frederico Tombrock. Foram realizadas medições *in loco*, análise das condições das vias e a elaboração de um layout. A proposta obteve um aumento de 45 vagas de estacionamento, melhorando a estrutura da cidade e o fluxo no trânsito local.

Palavras-chave: Mobilidade urbana. Vagas de estacionamento. Estacionamento em ângulo.

Introdução

A livre circulação da população nos centros urbanos é uma das principais funções sociais das cidades. Apesar das garantias expressas no Estatuto das Cidades, o “ir e vir” se tornou cada vez mais problemático nos últimos anos. Situações que eram realidade apenas nas médias e grandes cidades, apresentam-se com frequência também em municípios de menor expressão. Nos últimos anos, a falta de incentivo governamental ao transporte público, aliado as facilidades na aquisição de automóveis, aumentou consideravelmente o índice de veículos por habitante. Em janeiro de 2010, o estado de Santa Catarina possuía uma frota de 3.190.251 automóveis licenciados, números que passaram para 5.041.456, em janeiro de 2019, um aumento percentual de 58,02%, sendo que a média nacional obteve um aumento de 65,18% (DETRAN, 2019).

De acordo com dados do Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina - DETRAN/SC, o município de São Ludgero, segue a tendência estadual. Localizado

no Sul de Santa Catarina, latitude 28°19'33" Sul e longitude 49°10'37" Oeste, o município apresentou aumento significativamente maior no número de automóveis, do que de habitantes nos últimos anos. Em 2010, a população do município era de 10.993 habitantes, com uma frota de aproximadamente 6.109 automóveis. Na última década, a cidade experimentou um período de crescimento e desenvolvimento em vários aspectos, trazendo consigo pontos positivos e negativos para sua população.

No presente ano, a população chegou à aproximadamente 13.165 habitantes. Com esse crescimento populacional, conseqüentemente também houve um grande aumento no número de automóveis na cidade, ela passou a ter aproximadamente 9.741 automóveis. Considerando os aumentos populacionais e de automóveis, 19,75% e 59,45% respectivamente, fica evidente a mudança significativa que ocorreu para um município de pequeno porte, em uma diferença de nove anos (IBGE, 2019).

Segundo Cassiano (2014), o espaço público está cada vez mais disputado pela população. Os condutores precisam circular e estacionar, para poder atender as suas necessidades. O estacionamento é um item fundamental na qualidade de vida e do transporte urbano, tornando-se fundamental na Política de Mobilidade Urbana.

A maior parte dos motoristas já passou por dificuldades na procura por vagas de estacionamento nas áreas centrais das cidades. Nesses locais, os condutores encontram-se em uma "competição" na busca pela circulação dos mesmos e pela procura por uma vaga de estacionamento, para poder satisfazer as suas necessidades (ELIAS, 2001).

A falta de planejamento urbano é uma das principais causas destes problemas, pois não acompanha o crescimento e o desenvolvimento da cidade, deixando de atender uma série de objetivos, que impactam na qualidade de vida e mobilidade da população. Com um projeto organizado e integrado, a problemática da falta de estacionamento pode ser minimizada e até mesmo resolvida. O aumento no número de vagas nas áreas comerciais e de lazer é uma das alternativas possíveis (SPRICIGO, 2016).

Dependendo da demanda por vagas de estacionamento na cidade, é favorável adotar estacionamentos com ângulos (30°, 45°, 60° e 90°) em relação à calçada, com o objetivo de aumentar o número de vagas nas vias. Se houver a probabilidade de implantação, é necessário verificar se as pistas de rolamento serão viáveis para garantir o escoamento dos automóveis (BELO HORIZONTE, 2010).

Analisando a situação atual do município em estudo, nota-se que na Rua Padre Auling, Avenida Henrique Buss e Monsenhor Frederico Tombrock, a demanda por locais para estacionamento já é maior do que a oferta em determinados períodos. Tendo isso em vista, este trabalho tem por objetivo propor a implantação de estacionamentos em ângulo de 45° ao longo dos espaços citados anteriormente, visando o aumento no número de vagas disponíveis. Para isso, foi realizado o levantamento de dados topográficos da área estudada; projeção das vias e seus respectivos estacionamentos existentes; elaboração de projeto para alteração de sentido na Rua Padre Auling e Avenida Henrique Buss; elaboração do projeto das vias com estacionamentos à 45°; e comparação quanto a quantidade de vagas presente na situação atual e proposta no trabalho.

Procedimentos Metodológicos

Para a realização deste projeto, foram realizadas fotografias das ruas em estudo, medições exatas para a implantação do sistema de estacionamento a 45°. Com a obtenção destes dados, observa-se claramente que se trata de um projeto com caráter exploratório.

A pesquisa exploratória tem como principal finalidade desenvolver, demonstrar e alterar concepções, a fim de formular problemas mais fundamentais ou possibilidades de pesquisas de estudos posteriores. De todos os tipos de pesquisa, a exploratória é a que apresenta menor inflexibilidade no planejamento. Normalmente, envolve levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso (COSTA, 2006, p. 64).

O projeto também conta com um levantamento do número de vagas que as ruas em estudo possuem atualmente, pois foi realizada uma comparação com os dados obtidos no projeto, tendo como um objetivo gerar o maior número de vagas possíveis, obedecendo as normas. Com o levantamento desses dados, consegue-se identificar que se trata de um projeto quantitativo. Segundo Beuren *et al.* (2014), o método quantitativo é apontado pela aplicação de dados estatísticos, na arrecadação e no estudo dos dados. A abordagem quantitativa confirma a credibilidade, pois não há alterações nas análises obtidas, proporcionando resultados exatos.

O método utilizado, como procedimento técnico, é o estudo de caso. Caracteriza-se pela pesquisa mais apurada e profunda dos estudos em um único grupo ou comunidade, não sendo generalizado (LAKATOS; MARCONI, 2011).

Conforme pesquisa realizada nas ruas em estudo, foram analisadas as suas características, incluindo garagens, rampas de acesso, canteiros, esquinas, faixas de pedestres, estacionamentos em paralelos com dimensões de 2,5 m de largura e 5 m de comprimento nos dois sentidos das ruas, entre outros dados necessários para a elaboração do projeto.

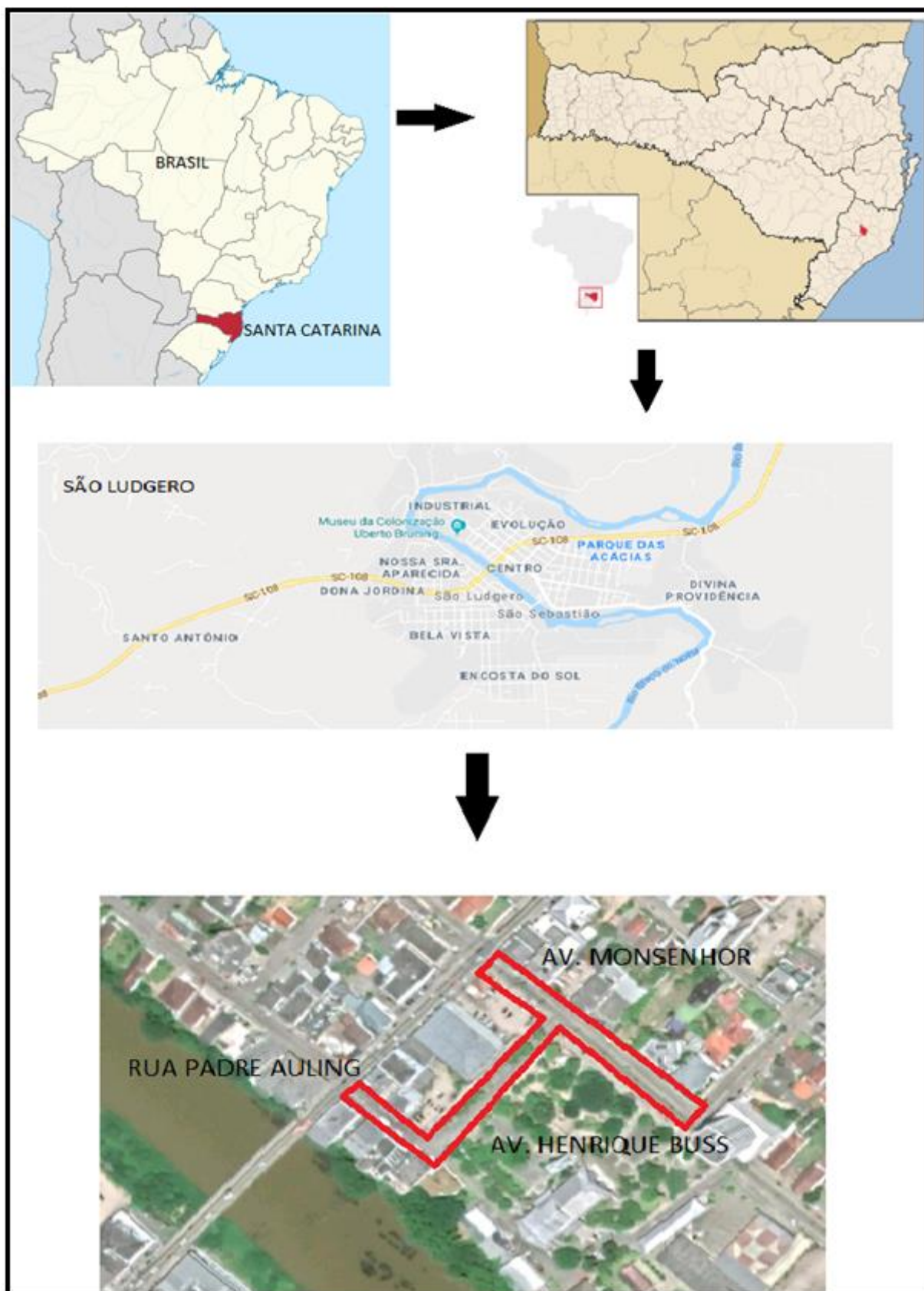
As Avenidas Monsenhor Frederico Tombrock e Henrique Buss, juntamente com a Rua Padre Auling, estão localizadas no centro da cidade de São Ludgero. No seu entorno estão vários pontos de comércio, ruas de acesso a Igreja Matriz da cidade, além disso, são ruas que possuem um fluxo muito alto de veículos. A localização destas ruas pode ser observada na Figura 1.

A Avenida Monsenhor Frederico Tombrock (representada na Figura 2) possui fluxo nos dois sentidos, com um comprimento de 158,35 m e 17,5 m de largura, com mais 4,40 m de largura do estacionamento que existe a margem da avenida, em confrontação com a praça da Igreja Matriz. A mesma possui atualmente 40 vagas para carros, nenhuma vaga específica para motocicleta, carga e descarga e vagas especiais.

A Avenida Henrique Buss (representada na Figura 3) apresenta 103,4 m de comprimento e 10,59 m de largura. Os estacionamento existentes adicionam 6 m a sua largura e a via possui fluxo nos dois sentidos. A Avenida possui, atualmente, 26 vagas de carros, nenhuma vaga específica para motocicleta, carga e descarga, e vagas especiais.

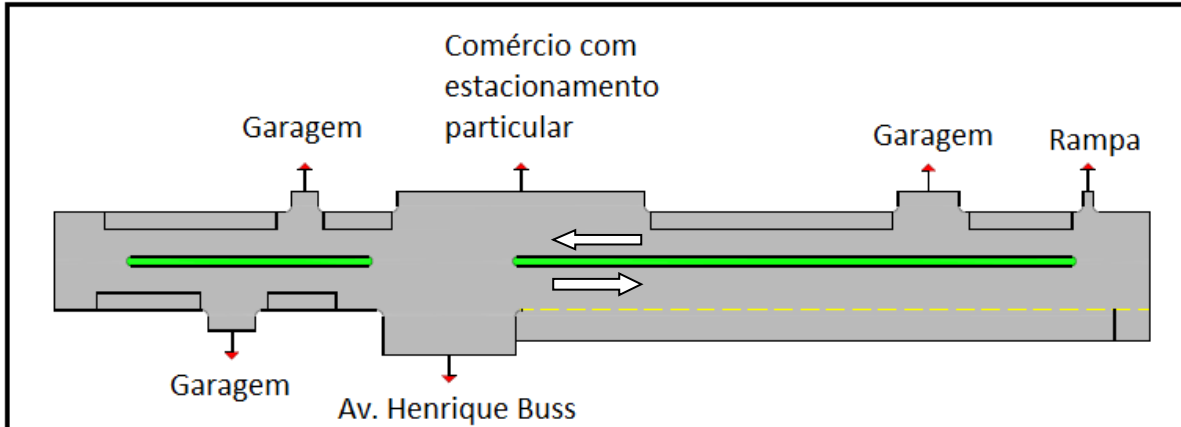
Já a Rua Padre Auling (representada na Figura 4) possui 67,5 m de comprimento e 10,00 m de largura, a mesma também possui fluxo nos dois sentidos. A Rua possui atualmente 13 vagas para carros, nenhuma específica para motocicletas, carga e descarga, e vagas especiais.

Figura 1 - Localização das ruas em estudo.



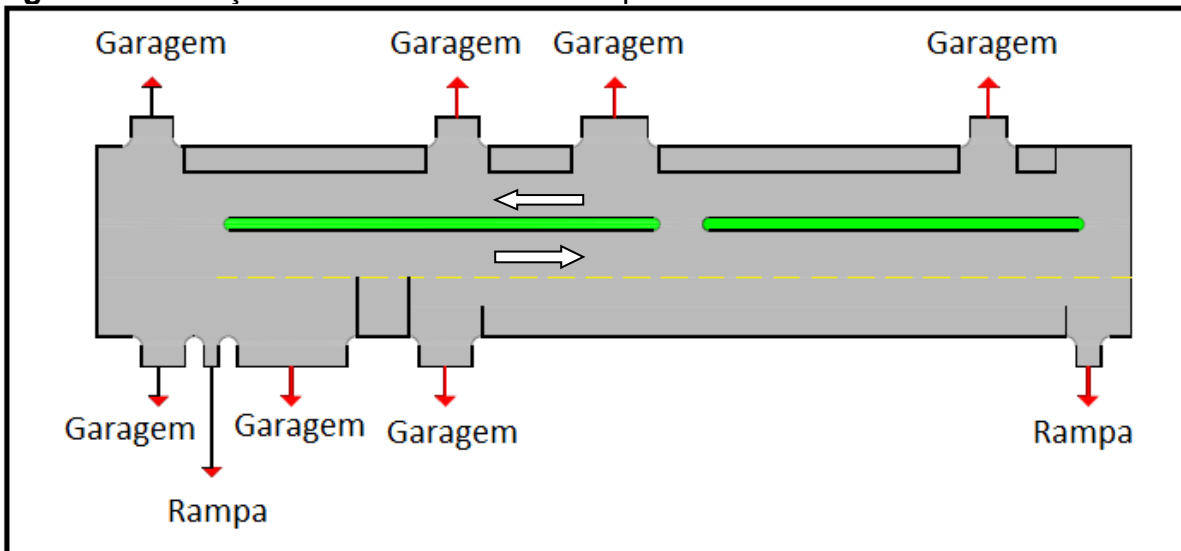
Fonte: Autores (2019).

Figura 2 – Situação atual da Avenida Monsenhor Frederico Tombrock.



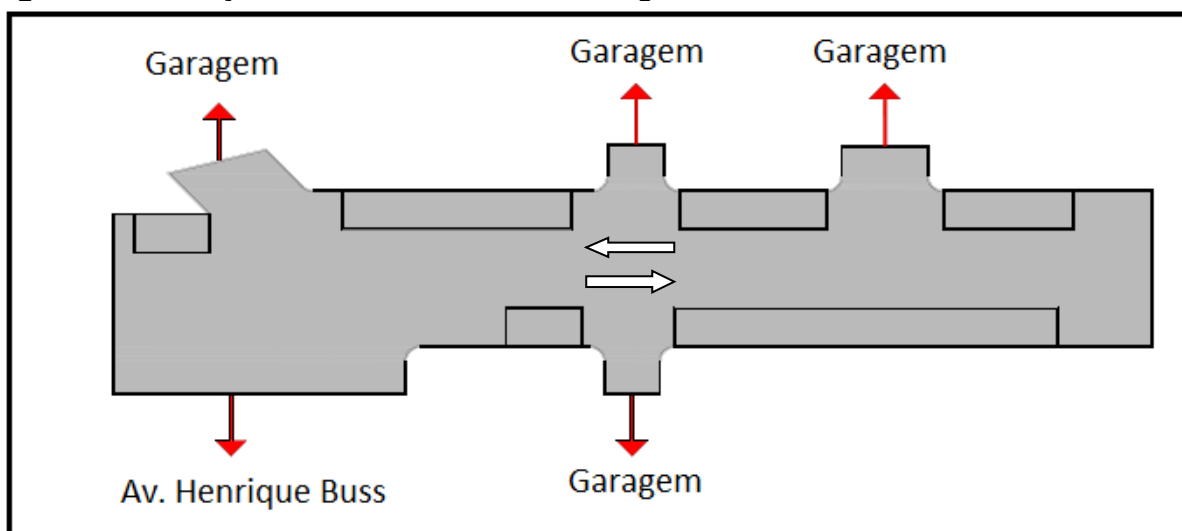
Fonte: Autores (2019).

Figura 3 – Situação atual da Avenida Henrique Buss.



Fonte: Autores (2019).

Figura 4 – Situação atual da Rua Padre Auling.

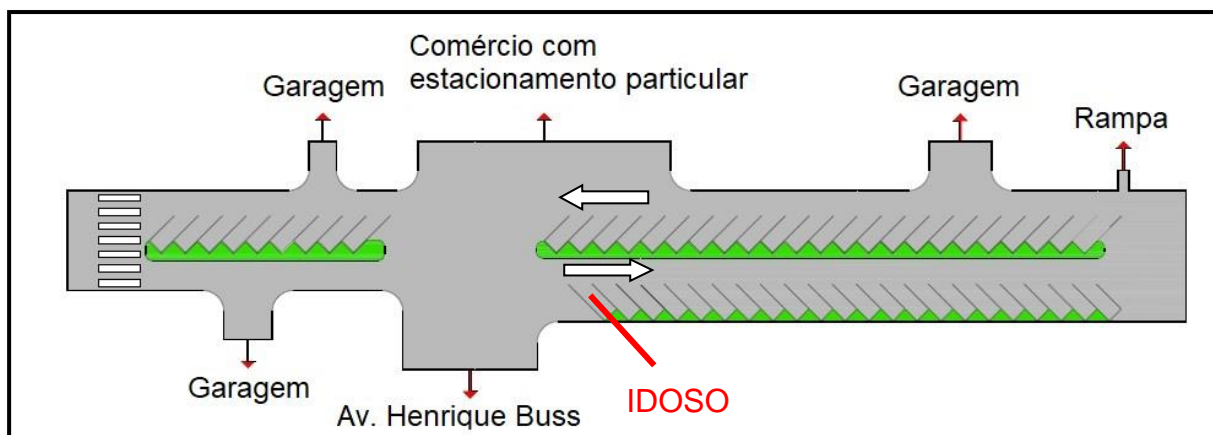


Fonte: Autores (2019).

Resultados e Discussão

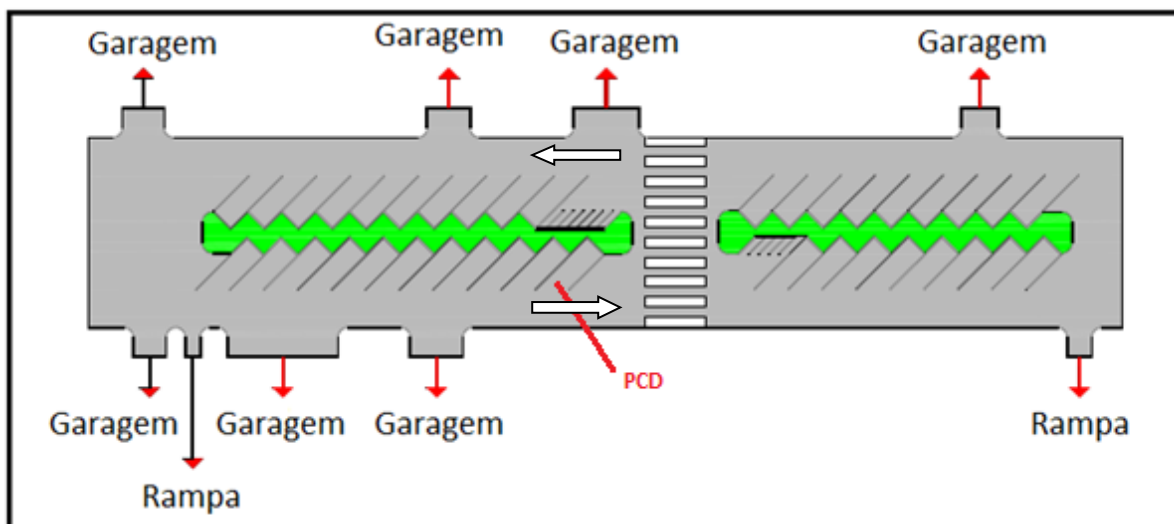
A partir dos dados obtidos com o estudo realizado na Avenida Monsenhor Frederico Tombrock e Henrique Buss, juntamente com a Rua Padre Auling, foi elaborado um layout final com as alterações proposta na mesma, como apresentado nas Figuras 5, 6 e 7.

Figura 5 - Projeto da Avenida Monsenhor Frederico Tombrock.

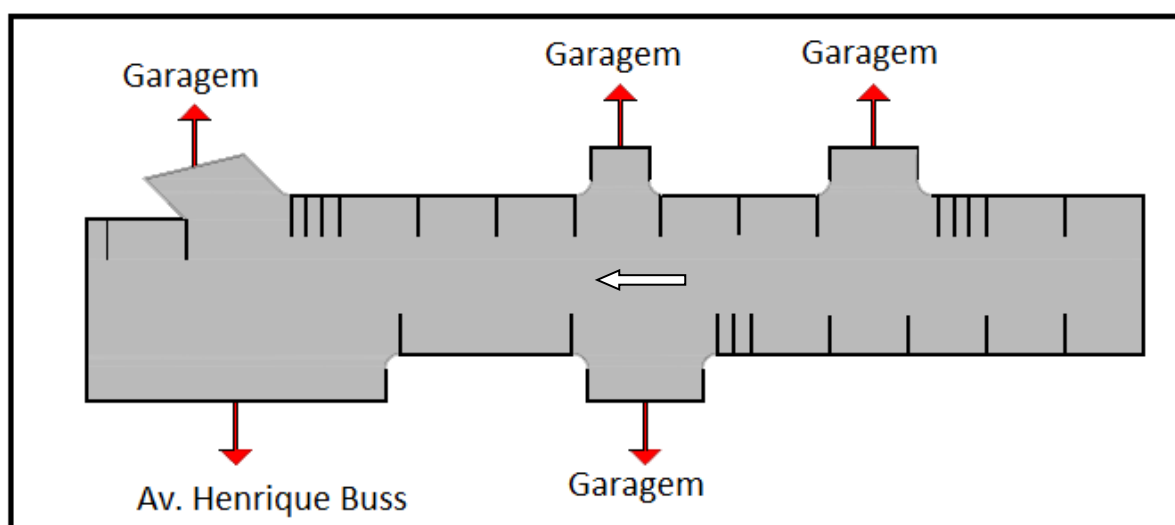


Fonte: Autores (2019).

Figura 6 - Projeto da Avenida Henrique Buss.



Fonte: Autores (2019).

Figura 7 – Projeto da Rua Padre Auling


Fonte: Autores (2019).

As Figuras 5, 6 e 7 ilustram as ruas com as suas determinadas alterações conforme a proposta do projeto, obtendo os seguintes dados:

Nas Avenida Monsenhor Frederico Tombrock (Figura 5) e Avenida Henrique Buss (Figura 6) foram ampliadas as suas larguras, junto com o deslocamento do canteiro central e a implantação do estacionamento à 45°, obtendo os seguintes dados, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de vagas obtidas nas Avenidas Monsenhor e Henrique Buss.

Tipo de Vaga	Número de Vagas	Veículo
45°	92	carro
45°	12	motocicleta
45°	1 (IDOSO) e 1 (PCD)	carro

Fonte: Autores (2019).

Já na Rua Padre Auling (Figura 7), o fluxo foi alterado para um único sentido. O estacionamento paralelo a via foi mantido e realizada a implantação de vagas para motocicletas, idoso e para carga e descarga, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade de vagas obtidas na Rua Padre Auling

Tipo de Vaga	Número de Vagas	Veículo
paralelo	11	carro
paralelo	8	motocicleta
paralelo	1 (carga e descarga)	caminhão/vans

Fonte: Autores (2019).

Comparando-se as vagas existentes com as alterações projetadas neste trabalho, constatou-se um aumento no número de vagas de carros, de 79 para 103, além da possibilidade melhora na estrutura do local em estudo. Além do aumento no número de vagas, a substituição dos estacionamentos em paralelo para o modelo com ângulo, melhora o aproveitamento. Na maior parte do tempo, as 79 vagas paralelas existentes não são totalmente ocupadas, por conta da falta de organização ou de veículos estacionados de maneira incorreta.

Já para as motocicletas, o projeto conta com a implantação de 20 vagas exclusivas para as mesmas, estrutura que o local não possui atualmente. Com estas propostas, não ocorrerão mais situações em que uma moto mal estacionada ocupa uma vaga inteira de um automóvel, e também haverá mais facilidade para estacionar os automóveis.

O projeto conta também com a implantação de 1 vaga para idosos e 1 vaga para PCD, tornando uma cidade com um melhor planejamento, atendendo a necessidade de todos.

Com a existência de comércios no local em estudo, o projeto trouxe também a implantação de 1 vaga para carga e descarga de mercadorias, vagas exclusivas de suma importância, mas que não estão regulamentadas no local da análise. Essas vagas exclusivas também beneficiam o trânsito local, evita automóveis de carga parados no meio das pistas e uma circulação repetida à procura de vagas para poder descarregar suas mercadorias.

Considerações Finais

O projeto foi elaborado com o intuito de melhorar o fluxo local e o aumento do número de vagas de estacionamento ao longo da Rua Padre Auling, e nas Avenidas Henrique Buss e Monsenhor Frederico Tombrock.

Junto com a estruturação da proposta para um novo modelo de estacionamento em ângulo de 45° e a mudança do sentido do fluxo, conseqüentemente o projeto proporcionaria pontos positivos para a população e condutores locais. Para atender o notável aumento no fluxo do trânsito local, a implementação das mudanças geraria um maior número de vagas na área central do município de São Ludgero, melhorando a mobilidade neste local. Os resultados obtidos ao longo desse projeto foram satisfatórios pois foi obtido um maior número de vagas de estacionamento nas ruas em estudo.

Com base neste raciocínio, conclui-se também que o tema é de essencial importância para a cidade de São Ludgero, pois além de beneficiar a população, o projeto também alteraria a estrutura da cidade, trazendo pontos positivos fora da área de estudo.

Referências

BEUREN, I.M. (org.) **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. 3.ed. 9.reimpr. São Paulo: Atlas, 2014.

BELO HORIZONTE. **Práticas de estacionamento em Belo Horizonte**. Belo Horizonte: BHTrans, 2010. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/imagens/authenticated%2C%20edit%20or_a_bhtrans/Manual%20Pr%C3%A1ticas%20de%20Estacionamento%20Belo%20Horizonte.pdf.

CASSIANO, L. **Estudo de implantação de um sistema de estacionamento rotativos na região central da cidade de Campo Mourão** – PR. 2014. TCC (Graduação). Curso de Engenharia Civil, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

COSTA, A. **Metodologia científica**. ed. 2006 – Mafra/SC.

DETRAN - Departamento Estadual de Trânsito/SC. Consultas Detran. [s.d.] Disponível em: http://consultas.detrannet.sc.gov.br/Estatistica/Veiculos/?lst_municipio=8229&lst_ano=2016&lst_mes=7&btn_enviar.

ELIAS, Antônio C. C. **Estacionamento rotativo pago em via pública** – Racionalização do uso da via x disposição em pagar pelo serviço. Mestrado submetido à Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. São Ludgero. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/sao-ludgero/panorama>.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SPRICIGO, E. **Estudo sobre a viabilidade para vagas de estacionamento em ângulos na Rua Aristiliano Ramos, município de Orleans-SC**. 2016. TCC (Graduação). Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Barriga Verde – Unibave. Orleans, 2016.

PROPOSTA DE READEQUAÇÃO DE LAYOUT VISANDO A REDUÇÃO DE DESPÉRDÍCIOS EM UMA EMPRESA DO SEGMENTO DE BEBIDAS

Glauce Warmeling Duarte ¹; Josué Alberton ²; Lucas Crotti Zanini ³; Macson Rodrigues ⁴; Márcia Espindola Moraes⁵; Mário Sérgio Bortolatto ⁶; Solange Vandresen ⁷

¹NUTEC. Centro Universitário Barriga Verde. gwduarte@gmail.com

² Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde.
Josue.alberton@hotmail.com

³ Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde.
lucaslcz@yahoo.com.br

⁴ Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde.
macson_lm@hotmail.com

⁵ Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde.
marcyaespidola@gmail.com.

⁶ Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde.
mariobortolatto@hotmail.com

⁷ Engenharia de Produção. Centro Universitário Barriga Verde.
Solange.vandresen@unibave.net

Resumo: Diante da necessidade de se adaptar às mudanças e superar os desafios presentes no cenário atual, uma disposição do *layout* industrial seguindo os conceitos de Manufatura Enxuta eleva a eficiência no processo. Tem-se por objetivo desenvolver uma proposta de readequação do *layout* em uma empresa do segmento de bebidas no sul de Santa Catarina, visando redução de desperdícios e otimização da movimentação e armazenagem de materiais. O método utilizado, de caráter quantitativo e qualitativo, destaca-se a partir de aplicação dos conceitos e ferramentas *Lean* na proposta de readequação elaborada. Alcançou-se redução de 49% das distâncias percorridas, envolvendo atividades de movimentação de materiais, também uma diminuição de 54,33% do tempo e custo envolvido. Verifica-se que a partir do *layout* proposto há possibilidade de redução do processamento de produtos defeituosos, atenuação da possibilidade de contaminação de embalagens vazias, redução e ordenação dos fluxos de materiais existentes na empresa.

Palavras-chave: Layout. Desperdícios. Manufatura enxuta.

Introdução

Diversos são os desafios enfrentados pelas organizações, para se manterem competitivas no mercado atualmente. Avaliando o contexto nacional, encontra-se inserido neste cenário de desafios e alta competitividade, o segmento de bebidas, no qual 87% do *Market Share* é dominado por multinacionais que possuem unidades produtivas no país, e apenas 13% desta cota é distribuído entre fabricantes regionais, caracterizados por atuarem apenas em uma região delimitada. Realizando análise do índice de produtividade deste mesmo segmento, observa-se que entre os anos 2000

a 2015, as multinacionais apresentaram crescimento de 139,78%, enquanto no mesmo período, as regionais apresentaram queda de 61,65% na evolução de sua produção (AFREBRAS, 2017).

Para se manterem saudáveis no mercado e alcancem o crescimento desejado as empresas, em especial fabricantes regionais, necessitam repensar sua estrutura produtiva a fim de buscar mais eficiência em seus processos, de forma a reduzir as perdas e desperdícios, e maximizar sua qualidade e produtividade. Com o intuito de atingir estes propósitos, a disposição adequada do layout industrial, desempenha um papel importante neste contexto, pois impacta diretamente na eficiência do processo.

Também chamado de arranjo físico, o *layout* é conceituado como “a maneira segundo a qual se encontram dispostos fisicamente os recursos que ocupam espaço dentro da instalação de uma operação” (CORRÊA; CORRÊA, 2012, p. 399). Ainda segundo os autores, as decisões voltadas para o arranjo físico não são exclusivamente direcionadas para novas instalações, mas também em instalações já estabelecidas, onde a composição do *layout* pode intervir no desempenho da operação (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Realizar o desenvolvimento de uma proposta de readequação do *layout* existente em uma empresa do segmento de bebidas localizada no sul do estado de Santa Catarina, visando redução de desperdícios e a otimização da movimentação e armazenagem de materiais, baseando-se nos conceitos da Manufatura Enxuta, é o objetivo geral deste estudo. Como objetivos específicos, definiu-se identificar os pontos críticos existentes, mapear o fluxo de materiais dentro do processo produtivo e desenvolver a proposta de readequação de *layout* objetivando a redução de desperdícios e otimização da movimentação e armazenagem de materiais.

Justifica-se a temática proposta, devido a sua grande relevância para a organização, onde a partir do desenvolvimento de um projeto novo de *layout* adequado, aliado aos conceitos da manufatura enxuta, os resultados tendem a oferecer ganhos significativos para a empresa, sendo estes relacionados a redução desperdícios, aumento da produtividade, dentre outros.

Procedimentos Metodológicos

A presente pesquisa foi desenvolvida em uma empresa regional do segmento de bebidas, localizada no sul de Santa Catarina. Determinou-se como objeto de estudo uma proposta de readequação do *layout* fabril atual, levando em conta a

redução de potenciais desperdícios presentes que impactam na eficiência do processo produtivo e possibilite a otimização da movimentação e armazenagem de materiais presentes na empresa.

O termo pesquisa na visão de Marconi e Lakatos (2010, p. 139), refere-se a “um procedimento formal com método de pensamento reflexivo, que requer tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou descobrir verdades parciais”. Moresi (2003) afirma que existem diversas formas de classificar as pesquisas, sob diferentes óticas, podendo ser de acordo com sua natureza, forma de abordagem do problema, quanto a sua finalidade e quanto aos meios de investigação.

Deste modo, do ponto de vista de sua natureza, classifica-se a presente pesquisa como aplicada que segundo Moresi (2003 p. 8), “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais”.

Quanto a forma de abordagem, a pesquisa é considerada de caráter qualitativo e quantitativo. Segundo Gerhardt e Silveira (2009), o método qualitativo permite o pesquisador explicar e compreender os aspectos que não podem ser mensuráveis em determinado fenômeno. Já o método quantitativo de acordo com Fonseca (2002) utiliza a linguagem matemática para descrever as causas do fato avaliado.

Com relação à finalidade, classifica-se a pesquisa como exploratória, na qual Oliveira (2011), a descreve como um método de pesquisa, que permite o pesquisador aumentar o conhecimento sobre um fato, utilizando métodos amplos e versáteis para diagnosticar fenômenos, explorar alternativas ou formar novas ideias.

Quanto aos meios de investigação, a pesquisa associa-se ao método de estudo de caso e investigação documental. Fonseca (2002, p. 33), descreve o estudo de caso, como o estudo de uma entidade bem definido, seja uma organização, uma pessoa, ou unidade social, onde visa-se “conhecer profundamente o seu ‘como’ e os seus ‘porquês’, evidenciando a sua unidade e identidade próprias”. Relacionado ao meio de investigação documental, Moresi (2003, p.10), cita que se utiliza este método, a partir da realização de investigação em “documentos conservados no interior de órgãos públicos e privados de qualquer natureza, ou com pessoas”.

A pesquisa foi dividida em etapas para melhor definição do estudo:

- Coleta de informações *in loco*: Definida como primeira etapa, neste momento realizou-se a coleta de informações *in loco* para formação do diagnóstico e conhecimento das características do processo produtivo da empresa.
- Análise do *layout* atual: Após a coleta de dados, efetuou-se a análise do *layout* atual, visando apontar pontos críticos existentes com base no diagnóstico elaborado. Nesta etapa, avaliou-se o posicionamento de equipamentos, áreas de armazenagem, e os fluxos existentes dentro da organização.
- Desenvolvimento de proposta de readequação do arranjo físico: Subsequente a etapa anterior, observando a disposição do *layout* atual juntamente com as características da organização, avaliou-se possibilidades de alteração, visando possibilitar a redução dos desperdícios presentes na disposição atual.
- Confrontar *layout* atual x *layout* proposto: Como etapa final da pesquisa, realizou-se a análise comparativa entre os resultados obtidos diante do *layout* atual e proposta de readequação, a fim de mensurar qualitativamente e quantitativamente as alterações e melhorias alcançadas.

Resultados e Discussão

Diagnóstico e características da empresa

Com intuito de coletar informações relevantes em relação ao processo produtivo e estratégias da organização, inicialmente realizou-se diálogos com responsáveis pela gestão da empresa e colaboradores atuantes nos equipamentos que fazem parte do processo produtivo, além de realização de análise documental de relatórios de produção. A partir desta discussão e análise, levantou-se alguns pontos relacionados as características e peculiaridades que integram a operação da empresa.

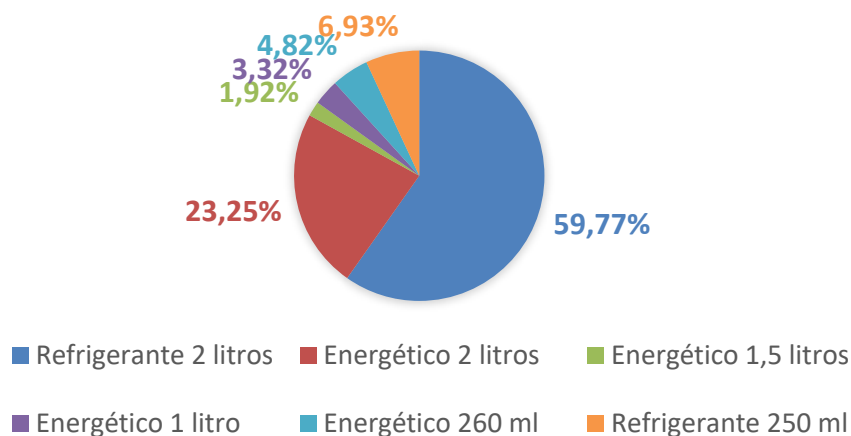
Diante do levantamento realizado, destaca-se que atualmente, a empresa processa 46 itens, onde 19 referem-se a marcas próprias entre refrigerantes e bebidas energéticas, e 27 destes itens são provenientes de marcas terceirizadas de bebidas energéticas, que contratam a realização do serviço de envase de seus produtos. Salienta-se que referente a prestação de serviço de envase, toda a matéria prima para o processamento dos produtos é fornecida pelo responsável pela marca.

Relacionado as características destes itens, a organização os subdivide em grupos de acordo com a semelhança de seu processamento durante a fabricação,

ficando assim dispostos: Refrigerantes 2 Litros, Refrigerantes 250 ml, Energéticos 2 Litros, Energéticos 1,5 Litros, Energéticos 1 Litro e Energéticos 260 ml.

Como forma de analisar e propor melhorias que ofereçam maior impacto para a operação, através de análise documental da empresa, levantou-se dados sobre o percentual de participação de cada grupo supracitado, diante do volume total produzido nos últimos 12 meses, conforme apresentado no gráfico 1. A partir destes dados, possibilitou-se definir quais grupos foram responsáveis pela maior demanda de recursos na empresa no referido período, e qual direcionamento a empresa está seguindo em relação a produção de produtos próprios ou contrato de terceiros.

Gráfico 1 – Percentual de participação em relação ao volume total produzido.



Fonte: Autores (2018).

Realizando análise do gráfico 1, em relação à manufatura de marcas próprias e terceirizadas, observa-se que considerando o volume processado de marcas próprias referindo-se majoritariamente a refrigerantes, estes representam 66,70% do total manufaturado, em contrapartida, a produção de bebidas energéticas diante de contratos de terceirização, representam 33,3%. Deste modo, observa-se a importância em atentar-se para as duas operações, de modo que as alterações propostas potencializem o processamento de ambos os casos.

Outro fator previamente avaliado à elaboração da proposta de readequação de *layout*, estende-se a estratégia da organização em relação ao seu processo produtivo. No que tange esta questão, atualmente a organização submete-se a dividir seu processo produtivo em dois setores, sendo estes:

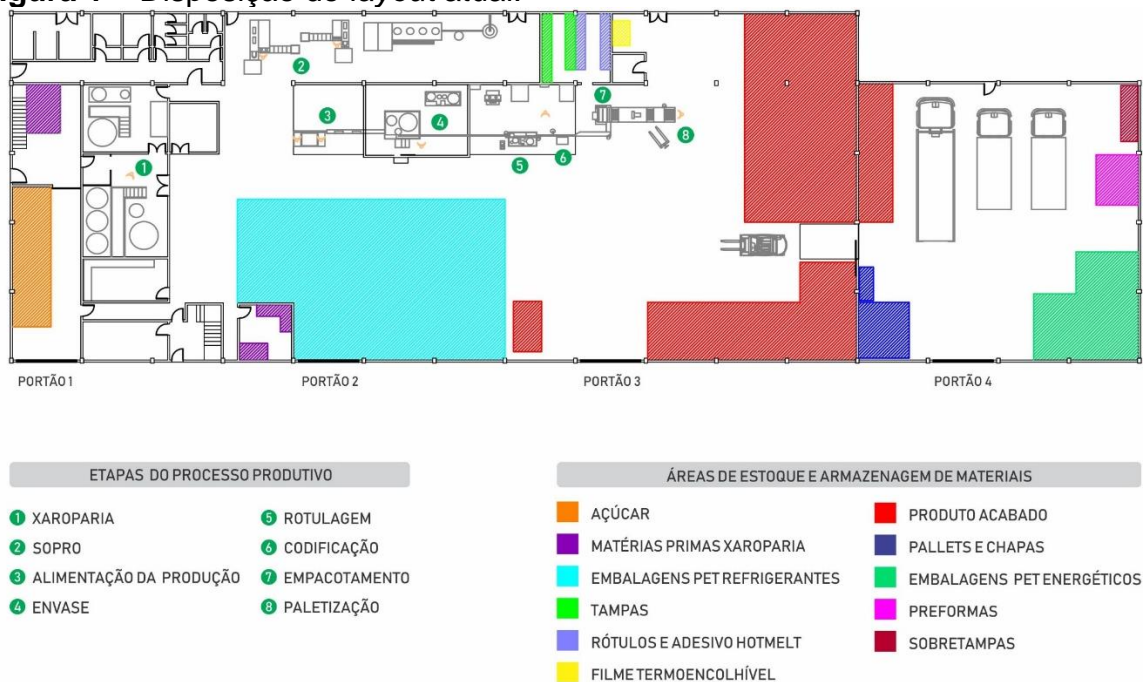
- Setor de sopro: que envolve a etapa de sopro, onde formam-se as embalagens PET utilizadas na fabricação de refrigerantes e energéticos próprios.

- Setor de produção: este envolve de forma integrada as etapas de: Xaroparia, responsável pela preparação do xarope base utilizado nos produtos; Alimentação da produção, que tem como objetivo alimentar o início da linha de produção com as embalagens vazias; Envase, responsável pela higienização, envase com mistura de CO₂ (Gás Carbônico), água e xarope base e recravação das embalagens; Rotulagem, etapa onde acontece a rotulagem da embalagem já envasada; Codificação, responsável por codificar cada embalagem com validade e lote de produção;
- Empacotamento, etapa na qual ocorre o empacotamento dos produtos em pacotes de 6 ou 12 unidades; e Paletização, responsável pela montagem dos *pallets* com produto acabado para posterior estocagem.

Layout atual

Relacionado à disposição do *layout* atual, através da figura 1 analisa-se o ordenamento do arranjo em vigência, juntamente com a localização das áreas de armazenagem e estoque materiais e produtos.

Figura 1 – Disposição do *layout* atual.



Fonte: Autores (2018).

Realizando avaliação do arranjo apresentado na Figura 02, verifica-se que a empresa analisada, possui uma linha de produção disposta de forma linear, na qual

são manufacturados todos os itens catalogados pela organização, desta forma caracteriza-se a disposição do arranjo físico atual de acordo com os conceitos voltados para tipo de *layout* denominado por produto.

Diante disso, elaborou-se através da Tabela 1, a apresentação da correlação entre as etapas do processo produtivo e os tipos materiais utilizados em cada fase da operação.

Tabela 1 – Correlação entre materiais e etapas do processo produtivo.

Material	Etapa Requisitante
Açúcar	Xaroparia
Matérias Primas Xaroparia	Xaroparia
Embalagens PET Refrigerante	Alimentação da Produção
Tampas	Envase
Rótulos e Adesivo <i>Hot Melt</i>	Rotulagem
Filme Termoencolhível	Empacotamento
Produto Acabado	Expedição/Carregamento
Pallets e Chapas Eucatex	Paletização
Embalagens PET Energéticos	Alimentação da Produção
Preformas	Sopro
Sobretampas Energéticos	Codificação

Fonte: Autores (2018).

A partir dos dados apresentados na Tabela 1, observa-se a correlação entre os materiais utilizados no processo produtivo e as etapas requisitantes, sendo assim possível realizar o mapeamento dos fluxos de movimentação envolvendo estes materiais diante da disposição do *layout* atual.

A fim de reduzir o desperdício do tempo percorrido pelos colaboradores, buscou-se mensurar os dados referentes a tal atividade, onde realizou-se a observação de como este trabalho é executado na empresa, juntamente com a aferição das distâncias percorridas pelos colaboradores em relação a localização dos materiais necessários, visando assim, obter dados quantitativos para análise, e posterior elaboração de propostas de melhoria, onde apresenta-se os resultados obtidos através da Tabela 2.

Para efeito de cálculo, utilizou-se a média entre a menor e maior distância percorrida considerando percursos de ida e volta, juntamente com a frequência a qual estes são realizados em um dia de trabalho de 8 h e 48 minutos, afim obter resultados próximos a situação atual da organização.

Tabela 2 – Distâncias (m) percorridas pelos colaboradores até as áreas de armazenagem atualmente.

Material	Movimentação / Transporte	Distância Média (m)	Frequência	Total Percorrido (m)
	Empilhadeira a			
Açúcar	combustão	18,15	4	72,60
MP Xaroparia	Andando	19,90	25	497,50
Embalagens PET	Andando			
Refrigerantes	Andando	24,30	40	972,00
Tampas	Andando	77,00	5	385,00
Rótulos e Adesivo Hot Melt	Andando	62,70	5	313,50
Filme Termoencolhível	Andando	24,05	4	96,20
	Empilhadeira a			
Produto Acabado	combustão	58,65	30	1759,50
	Empilhadeira a			
Pallets e Chapas Eucatex	combustão	51,90	4	207,60
Embalagens PET	Paleteira			
Energéticos	Manual	118,00	25	2950,00
Preformas	Empilhadeira	149,25	4	597,00
	Paleteira			
Sobre tampas Energéticos	Manual	95,60	1	95,60
			Total:	7.946,50

Fonte: Autores (2018).

Por meio da Tabela 2, atenta-se o fato de que realizando o somatório de todas as distâncias percorridas, estima-se um percurso total de 7.946,50 metros, realizando a movimentação de materiais em um único dia de trabalho. Considerando uma velocidade média de 10 km/h para movimentações utilizando empilhadeira a combustão e 5 km/h para demais formas utilizadas, contabiliza-se que o tempo gasto diário realizando esta atividade, é de 79 minutos e 28 segundos.

Relacionando este tempo gasto diário, junto a um custo médio mensal de R\$2.500,00 que a empresa possui para manter um colaborador com contrato de 220 horas de trabalho, projeta-se através da Tabela 3, o valor estimado que a organização despense apenas com a realização de movimentações internas de materiais diante do *layout* atual.

Tabela 3 – Projeção de valores gastos com movimentações no *layout* atual.

Descrição	Diário	Semanal	Mensal	Anual
Tempo Gasto (min)	79,47	397,35	1.589,40	19.072,80
Valor Projetado (R\$)	15,04	75,23	300,80	3.609,60

Fonte: Autores (2018).

Verifica-se diante dos dados apresentados por meio da Tabela 3, que o tempo gasto para realização desta atividade dentro da organização, pode ultrapassar anualmente 19 mil minutos, que equivalem a 36 dias úteis de trabalho. Ademais, têm-se como projeção para o mesmo período, um valor gasto na cifra de R\$ 3.609,60, salienta-se, que este valor (R\$) tende a ser superior ao explanado, entretanto, a inexistência de dados e indicadores de controle de processo na organização, impossibilitaram a realização de uma análise mais detalhada para mensuração dos dados financeiros.

Além dos desperdícios supracitados, observou-se também que a empresa está exposta a desperdícios do Tipo 01, os quais não agregam valor, e sua extinção não afeta a operação. Relacionado, a este tipo de desperdício, considera-se como potenciais desperdícios para a operação a:

- Espera, em ocasiões em que há possibilidade de a empilhadeira estar ocupada no momento necessário para a movimentação de determinado material, causando assim ociosidade dos equipamentos e recursos humanos;
- Defeitos, quando se refere a probabilidade que ocorra alguma falha no equipamento, e resulte no processamento de produtos defeituosos durante a ausência dos operadores no posto de trabalho, quando necessitam buscar os materiais necessários na etapa em questão.

Proposta de readequação do layout

Foi realizado o estudo da readequação do *layout* atual, com intuito de reduzir e/ou eliminar os potenciais desperdícios presentes, de forma que proporcione um melhor aproveitamento dos recursos e áreas disponíveis na organização.

Para desenvolvimento da proposta, evidenciou-se restrições relacionadas a viabilidade financeira do projeto, onde se tratando de uma empresa classificada como pequeno porte, a elaboração de um projeto sugerindo elevadas alterações de posicionamento dos equipamentos, acarretaria em um grande período de ociosidade da organização decorrente das mudanças necessárias, fato que seria prejudicial pois não seria possível atender a demanda do mercado, visto que, a empresa possui apenas uma linha de produção, e a mesma estaria impossibilitada de operar.

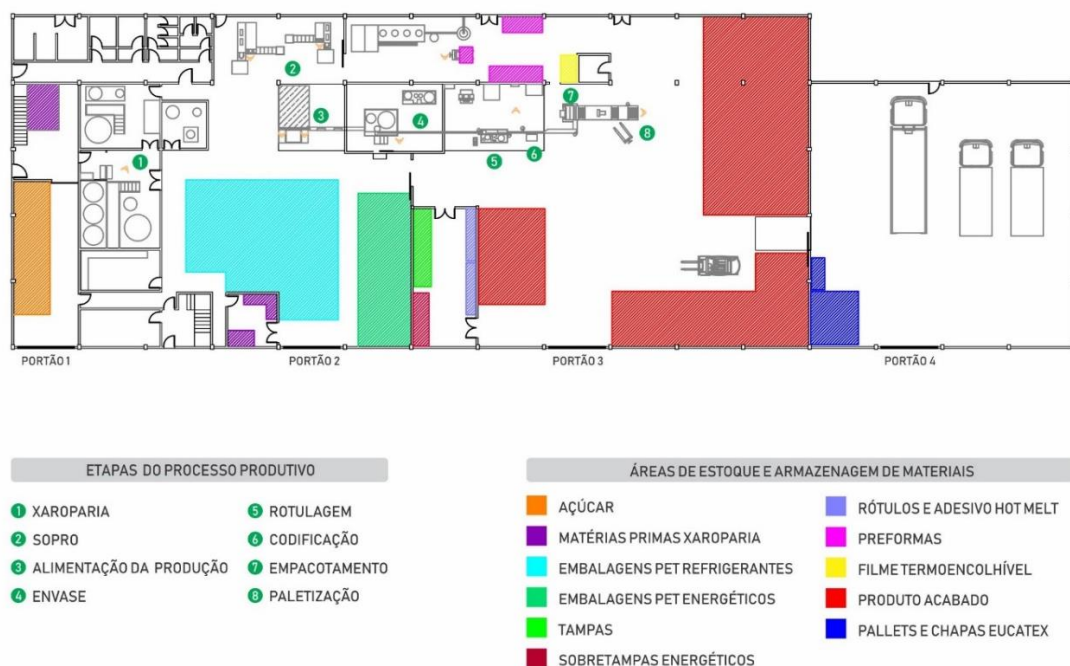
Outro fator avaliado, refere-se ao alto investimento que estaria implicado para readequação do *layout*, diante do fato de que toda a área alterada envolvendo os equipamentos deveria atender as normas sanitárias e de segurança vigentes.

Deste modo, diante da restrição imposta, definiu-se como principais pontos norteadores para elaboração da proposta de *layout*, as seguintes alterações:

- Reorganização de áreas de armazenagem buscando alocar os materiais próximos as etapas requisitantes, além de promover uma delimitação mais adequada para as áreas de armazenagem, possibilitando assim um melhor aproveitamento dos espaços disponíveis;
- Alteração da estrutura de alvenaria ocorrendo em algumas posições estratégicas do *layout*, onde, objetiva-se melhorar os fluxos de movimentação existentes, facilitando a circulação e acesso dos materiais e demais recursos dentro da organização, diante disto, visa-se reduzir o tempo necessário na realização de movimentações na empresa.

Baseando-se nos pontos apresentados, buscou-se o desenvolvimento de uma proposta de readequação de *layout* viável financeiramente, que viesse atender a necessidade de redução dos desperdícios presentes na organização, o qual analisa-se a disposição da proposta de *layout* elaborada, a partir da Figura 2.

Figura 2 – Disposição do *layout* proposto.



Fonte: Autores (2018).

Através da Figura 2, observa-se que diante da proposta exposta, respeitando a restrição financeira, juntamente com os pontos norteadores apresentados, prezou-se por não alterar o posicionamento dos equipamentos e sequenciamento das etapas do

processo, mantendo-os assim em seus locais de origem, todavia, observa-se no *layout* elaborado uma área pré-delimitada entre a etapa 2 e 3, a qual refere-se ao local destinado à alocação do novo equipamento de sopro que faz parte dos planos de investimento da empresa.

Seguindo as premissas supracitadas, através da Tabela 4 apresenta-se os resultados do modo de execução das atividades de movimentação, juntamente com a projeção das novas distâncias percorridas pelos colaboradores até as áreas de armazenagem.

Tabela 04 – Projeção das distâncias (m) percorridas pelos colaboradores até as áreas de armazenagem.

Material	Movimentação/ Transporte	Distância Média (m)	Frequência	Total Percorrido (m)
Açúcar	Empilhadeira a Combustão	18,15	4	72,60
MP Xaroparia	Andando	19,90	25	497,50
Embalagens PET Refrigerante	Andando	17,15	40	686,00
Embalagens PET Energéticos	Empilhadeira Hidráulica	18,50	25	462,50
Tampas	Andando	20,90	5	104,50
Rótulos e Adesivo Hot Melt	Andando	22,55	5	112,75
Sobretampas Energéticos	Paleteira Manual	37,40	1	37,40
Preformas	Empilhadeira Hidráulica	37,20	2	74,40
Filme Termoencolhível	Andando	7,60	4	30,40
Produto Acabado	Empilhadeira a Combustão	58,65	30	1759,50
Pallets e Chapas Eucatex	Empilhadeira a Combustão	51,90	4	207,60
			Total:	4.045,15

Fonte: Autores (2018).

Analisa-se por meio da Tabela 4, que diante da proposta apresentada, projeta-se uma distância total percorrida diariamente pelos colaboradores realizando atividades de movimentação, equivalente a 4.045,15 metros, onde mantendo-se velocidades médias de 10 km/h para movimentações utilizando empilhadeira a combustão, e 5 km/h para demais formas utilizadas, contabiliza-se um tempo gasto diariamente com a referida atividade, de 36 minutos e 27 segundos.

Avaliando este novo tempo diário obtido, em relação ao custo médio mensal de R\$ 2.500,00 já mencionado anteriormente, estima-se através da Tabela 5 a projeção

dos valores gastos com recursos humanos, em atividades de movimentação entre os postos de trabalho e as áreas armazenagem sugeridas na proposta de readequação de *layout*.

Tabela 5 – Projeção de valores gastos com movimentações no *layout* proposto.

Descrição	Diário	Semanal	Mensal	Anual
Tempo Gasto (min)	36,27	181,35	725,40	8.704,80
Valor Projetado (R\$)	6,86	34,30	137,20	1.646,40

Fonte: Autores (2018).

De acordo com valores projetados através da Tabela 05, verifica-se que a partir da implantação do *layout* proposto, o valor gasto anualmente com movimentações internas de materiais não ultrapassa a cifra de R\$ 1.646,40 reais que são referentes aos 8.704,8 minutos gastos com tal atividade, tempo este que convertido, equivale a 145 horas e 48 minutos (aproximadamente 16 dias úteis de trabalho).

Comparativo *layout* atual x *layout* proposto

A partir da proposta de readequação de *layout*, objetivou-se a redução dos desperdícios elucidados pelo levantamento de informações realizado, diante disto, através da Tabela 6 apresenta-se o comparativo das distâncias percorridas pelos colaboradores nas atividades de movimentação e transporte de materiais, bem como o percentual de redução que ocorreu diante da proposta apresentada.

Tabela 6 - Comparativo de distâncias (m) e percentual de variação entre *layout* atual e proposto.

Material	<i>Layout</i> Atual Total Percorrido	<i>Layout</i> Proposto Total Percorrido	Redução com <i>Layout</i> proposto (%)
Açúcar	72,60	72,60	0%
MP Xaroparia	497,50	497,50	0%
Embalagens PET Refrigerante	972,00	686,00	29%
Embalagens PET Energéticos	2950,00	462,50	84%
Tampas	385,00	104,50	73%
Rótulos e Adesivo Hot Melt	313,50	112,75	64%
Sobretampas Energéticos	95,60	37,40	61%
Preformas	597,00	74,40	88%
Filme Termoencolhível	96,20	30,40	68%
Produto Acabado	1759,50	1759,50	0%
Pallets e Chapas Eucatex	207,60	207,60	0%
Somatório Total:	7946,50	4045,15	49%

Fonte: Autores (2018).

Diante dos resultados apresentados na Tabela 6 observa-se que através da readequação de *layout* proposta, a empresa tente a alcançar uma redução de 49% da distância total percorrida diariamente pelos colaboradores em atividades de movimentação e transporte de materiais.

Realizando avaliação de forma individual, verifica-se que dentre as 11 áreas de armazenagem existentes na organização, 7 apresentaram potencial de melhoria diante da proposta de readequação apresentada. Destaca-se como maiores ganhos alcançados, a redução de 88% da distância envolvendo a movimentação de Preformas, que atende ao recurso gargalo do processo produtivo e 84% da distância envolvendo a movimentação de Embalagens PET para Energético, que é recebida através de fornecedor externo e anteriormente era necessário percorrer toda unidade fabril até sua etapa requisitante.

Ademais ao comparativo das distâncias percorridas, analisando os tempos e valores gastos envolvendo recursos humanos na movimentação e transporte de materiais, verificou-se que diante da disposição do *layout* atual, consome-se anualmente 19.072,8 minutos com tal atividade, e a partir da readequação de *layout* apresenta-se como necessidade, a quantia de 8.709,8 minutos anuais, valor que representa uma redução de 54,33% comparado com a necessidade atual. Este percentual de redução reflete-se também em relação aos valores gastos, onde atualmente, dispense-se anualmente a cifra de R\$ 3.609,60 com recursos humanos para atividades de movimentação, e diante da implantação das alterações propostas, ocorre a redução deste valor, chegando ao montante de R\$ 1.646,40, resultando assim, em uma economia anual de R\$1.963,20.

Em análise comparativa acerca das melhorias qualitativas entre *layout* atual e proposto, verifica-se alguns pontos relevantes que vem a influenciar na eficiência e qualidade da operação da empresa.

Como primeiro ponto observado, nota-se que diante das alterações propostas, há uma elevada redução nas distâncias e no tempo e despendido diariamente em atividades de movimentação e transporte de materiais da empresa. Diante disto, tende-se a reduzir desperdícios relacionados a tempo de máquina parada e de processamento de produtos com defeitos, isso se deve pois diante da menor necessidade de ausência dos operadores para realizar determinada atividade de movimentação conforme já elucidado, os mesmos passarão maior tempo

supervisionando seus equipamentos, garantindo assim a qualidade e metas de produtividade da organização.

Outro fator avaliado, refere-se a melhor distribuição dos fluxos de movimentação ao longo da unidade fabril devido ao melhor aproveitamento dos acessos presentes na empresa, no que se refere a isto, observa-se que a partir da readequação do *layout*, ocorre a liberação do “Portão 2” e “Portão 3”, para recebimento de materiais que até então eram inutilizados, com isto, grande parte dos recebimentos passam a ocorrer próximo as áreas onde os materiais serão armazenados, evitando assim a realização de deslocamentos desnecessários consumindo recursos da organização. E o “Portão 4” que faz parte da expedição e anteriormente era responsável pela entrada de grande parte dos materiais na empresa passa a ser utilizado apenas para seu devido fim que se trata de promover a saída de produtos acabados.

Considerações Finais

A partir de levantamento de dados realizado durante o presente estudo, verificou-se que a empresa em questão possui um processo produtivo distribuído linearmente em etapas sequenciais, gerando assim um fluxo de valor definido. Entretanto, devido à má disposição do *layout* fabril e distribuição das áreas de armazenagens distantes das etapas requisitantes, apontou-se a presença de desperdícios principalmente relacionados a excessiva necessidade de movimentação e transporte de materiais

Observando o contexto acima, fazendo emprego de ferramentas e conceitos da Manufatura Enxuta, buscou-se alternativas que viessem a reduzir potenciais desperdícios presentes na organização. Diante disto, elaborou-se uma proposta de readequação de *layout* que atendesse as necessidades da empresa e proporcionasse a redução e/ou eliminação dos desperdícios observados no decorrer do estudo. Onde como principais oportunidades e melhorias alcançadas com o *layout* proposto, verificou-se a:

- Otimização da movimentação de materiais, por meio da redução de 49% (3.901,45 metros) das distâncias percorridas diariamente, e redução de 54,33% dos tempos utilizados.

- Redução de custo de R\$1.963,20 anuais, envolvendo atividades de movimentação na empresa. Todavia, estima-se um valor superior, devido ao impacto gerado pelas melhorias propostas, em dados e indicadores não mensurados pela empresa.
- Distribuição ordenada dos fluxos de movimentação interna de materiais, gerando mais agilidade e eficiência ao processo produtivo;
- Eliminação de possíveis desperdícios relacionados a espera envolvendo o recurso gargalo da operação;
- Otimização e melhor aproveitamento dos acessos, espaços de armazenagem e recursos disponíveis;
- Redução da possibilidade de contaminação de embalagens vazias;
- Redução de desperdícios no processamento de produtos com defeito.

Ademais às oportunidades geradas, destaca-se o fato de que a readequação de *layout* apresentada, já apresenta uma área delimitada para receber o novo equipamento de sopro que está nos planos de investimento da empresa, assim já atendendo uma necessidade futura da organização, outro ponto destacado refere-se ao fato que as alterações propostas podem ser implantadas sem a necessidade de interromper o processo produtivo, não prejudicando o faturamento da empresa.

Avaliando as oportunidades e melhorias apontadas em decorrência da implantação da proposta elaborada, apresenta-se como oportunidade de continuidade do estudo, a realização de pesquisa e levantamento de dados visando a elaboração da análise de investimento para execução das alterações propostas.

Referências

AFREBRAS – **ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE REFRIGERANTES DO BRASIL**. Por trás do rótulo: Créditos de IPI quebram o setor de bebidas. 2017. 48 p. Disponível em: < <https://afrebras.org.br/conteudos/> >. Acesso em 02 de Agosto de 2018.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 680 p.

FONSECA, João José Saraiva da. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará (UECE). 2002. 127 p.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal Rio Grande do Sul (UFRGS). 2009. 120 p.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7 ed. Santo André, SP: Atlas, 2010. 297 p.

MORESI, Eduardo. **Metodologia de Pesquisa**. Brasília: Universidade Católica de Brasília (UCB). 2003. 108 p.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração**. Catalão: Universidade Federal de Goiás (UFG), 2011. 72 p.

RECUPERAÇÃO DE DUNAS EM ÁREA DEGRADADA POR CONSTRUÇÃO ABANDONADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARUNA/SC

Guilherme Pereira Pires¹; Bruno De Pellegrin Coan²

¹Engenharia Ambiental e Sanitária. UNIBAVE. guilhermee_pires@icloud.com.

²Engenharia Ambiental e Sanitária. UNIBAVE. brunocoan@gmail.com

Resumo: Os campos de dunas têm a função de proteger áreas adjacentes, atuando como barreira natural. Esse estudo trata-se de uma pesquisa qualitativa e descritiva, caracterizada como estudo de caso, realizada por meio de bibliografias, registros fotográficos, visitas *in loco* de uma área degradada no litoral do município de Jaguaruna/SC. Esta pesquisa tem por principal objetivo traçar uma metodologia de recuperação para uma área de dunas, onde encontra-se o empreendimento abandonado, denominado Mariscão Praia Clube. Assim, foram propostas medidas para resolução desses problemas, como remoção total das estruturas ainda restantes e dos resíduos de construção civil, isolamento das áreas por cercas e placas informativas, construção de uma passarela em uma área adjacente que permita o acesso à praia, revitalização da flora por método de transposição da vegetação, implantação de cercas paralelamente à direção dos ventos predominantes para beneficiar a construção de dunas e por fim, medidas educativas.

Palavras-chave: Recuperação de dunas. Dunas frontais. Equilíbrio ecológico.

Introdução:

A região litorânea, de modo geral, é formada por ambientes dinâmicos e multifuncionais, podendo se destacar a recreação, turismo, proteção dos ecossistemas e das atividades urbanas e como habitat de muitas espécies animais e vegetais.

As dunas formam uma paisagem costeira belíssima, além de ser habitat para diversas espécies da fauna e flora. O planejamento para o uso desses espaços deve ser feito com cautela, a fim de prever a resposta das praias aos processos marinhos e climáticos.

O avanço urbano no estado tem acontecido de forma desordenada, “em Santa Catarina cerca de 68% da população está assentada na zona costeira” (POLLETE *et al.*, 1995 *apud* HORN, 2012), e o avanço urbano sobre ambiente costeiro causa impactos negativos nos diversos ambientes, colocando em risco a população residente, isso ocorre devido à interação dos processos costeiros atuantes na modificação e evolução das feições de relevo (POLLETE *et al.*, 1995 *apud* HORN, 2012). Assim sendo, o estado de Santa Catarina, apresenta um processo de

urbanização intenso sobre as áreas costeiras, badalado pela indústria do turismo, caracterizadas por instalações em locais inadequados, como em encostas, praias e dunas.

A erosão costeira é resultado de interações complexas que resultam principalmente da dinâmica entre a quantidade e o tipo de suprimento sedimentar, energia física das ondas e mudanças relativas do nível do mar (TOLDO *et al.*, 2006).

A todo o momento, as zonas costeiras do mundo, vêm sendo transformados em artefatos por meio de ações danosas, como a remoção de dunas para facilitar a construção de civil (NORDSTROM, 2010).

As dunas frontais são um dos últimos anteparos de proteção da costa à diversas ameaças climáticas como: inundações e barreira natural contra ondas de tempestade, quaisquer ações que visem à conservação, restauração ou recuperação dessas áreas devem ser estimuladas (NORDSTROM, 2010).

Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo geral elaborar uma proposta para a recuperação de dunas frontais em uma área onde no presente encontra-se um antigo empreendimento abandonado, chamado popularmente de Mariscão, no município de Jaguaruna/SC. Especificando ainda, sugestões de metodologias a serem utilizadas para tornar possível a remodelagem e funcionalidade do sistema de dunas frontais.

Este trabalho ainda se objetiva a expor as aplicações técnicas e práticas da recuperação de dunas, envolvendo o planejamento de etapas e o diagnóstico da área a ser recuperada.

Dunas

As dunas frontais podem ser definidas como cordões paralelos às linhas costeiras formadas logo após o pós-praia, esses cordões são formados por sedimentos de granulometria fina transportado pela ação eólica e acomodados quando encontram barreiras (CALLIARI *et al.*, 2005).

Para Nordstrom (2010) os litorais do mundo inteiro estão em constante transformação por ações antrópicas, entre elas a eliminação de dunas para a construção civil, o nivelamento para criar espaços de recreação, ou ainda, a limpeza mecânica das praias para torná-las mais atraentes ao turismo.

No litoral brasileiro é possível encontrar diversos ecossistemas, entre eles encontram-se os campos de dunas móveis, esse tipo de ecossistema situa-se desde

o estado do Rio Grande do Sul (extremo sul do país) ao Amazonas (extremo norte brasileiro) em toda faixa costeira nacional (PINHEIRO *et al.*, 2013).

O estado de Santa Catarina chama atenção por ter uma faixa de litoral que estimula novos investidores e empreendedores do ramo de construção civil, isso ocorre devido a presença de belas praias com beleza cênica. Atualmente, o que será o maior edifício da América Latina, está sendo construído no município de Balneário Camboriú, localizado no litoral catarinense.

O município de Jaguaruna não se difere da outra porção do estado. Segundo Jaguaruna (2019) “são 37,5 km de belas praias, com águas límpidas e cristalinas”, o que aumenta o interesse de novos moradores e investidores do setor imobiliário. Assim, o aquecimento no setor imobiliário e o crescimento desordenado na região acarretam sérios problemas socioambientais, como o uso desordenado do solo (erosão) e na geração de esgoto, principalmente no período entre os meses de dezembro e fevereiro, uma vez que o município não possui coleta e tratamento de esgoto.

Recuperação de Dunas Frontais

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA), o termo recuperação é definido como sendo “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original” (IBAMA, 2011).

Estabelecer diferenças de definições entre os conceitos de restauração e recuperação é muito importante, pois as ações se diferem de acordo com o tipo de projeto a ser aplicado.

Um projeto de recuperação de dunas deve conter um planejamento com trabalho adaptativo e continuado, pois a estabilização dessas áreas necessita de tempo para ser atingida e está relacionada a diversos fatores naturais influenciadores nesse processo, como a intensidade dos ventos e da chuva (PORTZ, 2008).

A preservação e recuperação das áreas de dunas são muito importantes, uma vez que possuem funções que protegem áreas adjacentes e possuem características que podem beneficiar a economia da região, segundo Nema (2008) as dunas “estabilizam a linha de costa, protegem o lençol freático, constituem barreira natural contra as ressacas do mar e são hábitat para diferentes espécies da fauna e da flora”. Além das diversas funções turísticas, as dunas frontais atuam como uma barreira

natural que protegem, as áreas adjacentes a costa, da força das marés, tempestades e inundações, sendo assim, qualquer ação que vise a preservação, restauração e recuperação desses ambientes, devem ser estimuladas (NORDSTROM, 2010).

O avanço da urbanização sobre o litoral vem se intensificando nos últimos 10 anos, com grandes empreendimentos do setor imobiliário (SESSEGOLO, 2014), gerando impactos ambientais associados à construção civil e à urbanização de áreas com características naturais do litoral, tornando nítida a grande modificação da paisagem natural, da flora e da fauna, pois os habitats dos animais nativos são ocupados por grandes construções.

Aspectos Legais associados ao Caso

Os ecossistemas têm sido protegidos através de leis que se renovam e adaptam-se com o passar do tempo, “os ecossistemas naturais são legalmente protegidos desde 1934, quando foi criado o código florestal”. Posteriormente, a Lei Federal nº 4.771 criou o Código Florestal Brasileiro e definiu em seu art. 2º Área de Preservação Permanente (APP) como sendo formas de vegetação natural situadas, por exemplo, nas restingas onde exerçam as funções de fixadoras de dunas e estabilizadoras de mangues (BORGES; REZENDE; COELHO JÚNIOR, 2009, p. 40).

Para fazer o entendimento das APPs mais claro, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) elaborou resoluções que são amplamente utilizadas pelos órgãos ambientais, com finalidade de proteger os recursos naturais. Definiu, ainda que a APP “tem função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (CONAMA, 2008).

A Resolução CONAMA nº 303/2002 dispõe sobre parâmetros, definições e limites para APP, cita como sendo APP em Restingas uma distância mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar máxima e em qualquer local ou extensão, quando recoberta por vegetação fixadora de dunas ou estabilização de manguezais. Ainda cita, em particular, como APP em toda a extensão de praias, dunas, manguezais, locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre, entre outros (CONAMA, 2008).

A Resolução CONAMA nº 341/2003 também explana a importância de identificar as atividades e empreendimentos turísticos sustentáveis apenas de “interesse social” com a finalidade de ocupação de dunas originalmente desprovidas

de vegetação. Assim se delimitou a ocupação com atividade ou empreendimento turístico sustentável em até dez por cento do campo de dunas, e vinte por cento de sua extensão, recobertas ou desprovidas de vegetação. Pelo exposto, a Resolução CONAMA nº 369/2006 proíbe a supressão ou intervenção de vegetação em APP de dunas originalmente provida de vegetação (CONAMA, 2008).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) estabelece em sua lei nº303 os parâmetros, definições e limites referentes às Áreas de Preservação Permanente, entre elas as áreas de restinga, definida da seguinte forma: restinga como depósito arenoso paralelo à linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades que recebem influência marinha, também consideradas comunidades edáficas por dependerem mais da natureza do substrato do que do clima. A cobertura vegetal nas restingas ocorre em forma de mosaico, e encontra-se em praias, cordões arenosos, dunas e depressões, apresentando, de acordo com o estágio sucessão do estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, este último mais interiorizado.

Diante do exposto, pela importância do tema, o estudo foi realizado em uma área de restinga onde segundo Martinho (2004) existe a presença de dunas frontais e encontra-se inserida dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) da Baleia Franca.

Procedimentos Metodológicos

A presente pesquisa utilizou a abordagem qualitativa. De acordo com Pereira (2010), a abordagem qualitativa aborda questões e procedimentos coletados no ambiente do pesquisador, a análise dos dados acontece por meio das interpretações realizadas pelo pesquisador através do significado de dados.

Com relação à classificação dos objetivos gerais a pesquisa é de caráter descritivo, uma vez que busca descrever as características do ambiente estudado.

Caracteriza-se como estudo de caso, que consiste no conhecimento de estudo profundo da situação de um caso em particular, constitui-se em poucos ou somente um único objetivo, na qual permite um amplo e detalhado conhecimento. Por se tratar de um estudo de caso, não é permitida a generalização dos resultados obtidos (GIL, 2009).

O estudo foi realizado através de pesquisa bibliográfica, registros fotográficos e visitas *in loco*, com caráter qualitativo.

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no município de Jaguaruna/SC (Figura 1), mais precisamente no bairro Balneário Arroio Corrente, em um empreendimento abandonado, denominado Clube Mariscão, sobreposto a dunas em uma área de restinga. É importante ressaltar que a área de estudo está inserida, desde 14 de setembro de 2000, dentro dos 156 mil hectares que formam a Área de Proteção Ambiental (APA) da Baleia Franca, que possui a finalidade de proteger em águas brasileiras a baleia franca austral (*Eubalaena australis*), fato este que torna esse estudo mais relevante.

Figura 1 – Município de Jaguaruna/SC.



Fonte: Wikipedia (2019).

Segundo o Diário O Município (2011), em uma matéria publicada em 21 de fevereiro de 2011, o empreendimento foi construído entre 1977 e 1982, na época pelo então prefeito municipal Hilton Osny Pereira. O empreendimento denominado Mariscão, atuou no período de 1982 até 2006 como área recreativa, e mais tarde também como casa de show, e desde então tem suas instalações abandonadas.

Conforme a matéria publicada no dia 16 de janeiro de 2008 no site oficial da prefeitura municipal de Jaguaruna:

Após alguns meses de negociação a administração municipal de Jaguaruna adquire o Mariscão Praia Clube, e a área em torno da edificação, situado no Balneário Arroio Corrente. O espaço será utilizado na alta temporada como sede da Secretaria Municipal de Esporte, Turismo, Juventude e Eventos, Polícia Militar, Corpo de Bombeiros, Central de Atendimento ao Turista, sede de entidades filantrópicas relacionadas ao balneário, além de exposições culturais, realização de eventos automotivos e desportivos. A operação de aquisição da área ocorreu através de permuta de área pública e parte em dinheiro, cuja ação foi aprovada por unanimidade pela Câmara Municipal de Vereadores. "Estamos finalizando o projeto de revitalização do Mariscão, pretendemos fixar no local o centro de atendimento ao turista, reativar o restaurante, além da realização de eventos para a juventude", comentou o prefeito Marcos Tibúrcio (JAGUARUNA, 2015. p 1).

Assim foi idealizado um projeto de revitalização do empreendimento, direcionando as ações sociais, que com o passar dos anos acabou sendo esquecido, levando ao estado atual de abandono e degradação do ambiente.

A área total do estudo abrange aproximadamente 10.200 m², sendo 1.600 m² de edificação abandonada/ruínas, 630 m² de uma quadra de tênis também abandonada e o restante como área do entorno.

Segundo Martinho (2004), o sistema de dunas frontais está presente na costa Jaguarunense, esse sistema de praias formadas por dunas é muito importante, pois funciona como um sistema de barreira amortecedora de ressacas. O sistema, de modo amplo, classifica-se como modelo barra-barreira, sob forma de uma faixa que pode variar de 0,1 a 2 km de largura e mais de 20 km de comprimento. O alargamento de campo de dunas da região varia entre 105 a 260 m, essa diferença na largura no campo de dunas ocorre devido ao avanço urbano desordenado, que ocorreu com o passar dos anos.

Levantamento de dados

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos entre os meses de agosto e setembro de 2019 em duas etapas, a primeira visita no dia 17 de agosto de 2019 e a segunda dia 07 de setembro de 2019.

Durante as visitas realizadas *in loco* foram investigados os possíveis problemas ambientais causados pelo abandono do Clube Mariscão, tais como a inibição das funções naturais de dunas frontais, compactação do solo, contaminação do solo, entre outros.

O levantamento qualitativo da área, foi realizado pelo método de caminhamento, no qual se baseia em uma caminhada lenta pela área, anotando e fotografando os impactos avistados nas dunas frontais. Também foram utilizadas informações disponíveis na literatura, principalmente em estudos realizados na mesma área e com o caráter similar a este.

Para o entendimento de conceitos para os termos “aspectos ambientais” e “impactos ambientais” foram utilizados meios literários, onde segundo Sanchez (2008, p.32) afirma que impacto ambiental é “alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocados por ação humana” e essa alteração pode ser negativa, quando de alguma forma prejudica ou fere o meio ambiente ou ainda positiva, quando beneficiam o meio ambiente de alguma forma.

Já, o aspecto ambiental para Sanchez (2008, p.33) “pode ser entendido como o mecanismo através do qual uma ação humana causa um impacto ambiental”. Dado os devidos conceitos, este estudo propôs uma avaliação dos aspectos e impactos ambientais ocorridos na área, contextualizando os resultados obtidos de campo com dados da literatura.

A escolha desses métodos está embasada em estudos acadêmicos e científicos realizados e publicados na área de recuperação ambiental e manejo de zona costeiras (CALLIARI *et al.*, 2005; NEMA, 2008; NORDSTROM *et al.*, 2010).

Resultados e Discussão

Os balneários do município de Jaguaruna/SC, de modo geral, no ponto de vista ambiental sofrem com a sazonalidade turística, pois em períodos de veraneio o número de turistas aumenta consideravelmente, causando uma instabilidade ambiental na região, derivada da geração de resíduos sólidos e esgotos, podendo se destacar fatores que afetam a manutenção de dunas frontais nas áreas diretamente afetadas (ADA). Em nosso objeto de estudo, durante as visitas, foi possível registrar alguns fatores que degradam o ambiente como: excesso de pisoteio nas dunas (Figura 2A), atividades motorizadas (carros e motocicletas), disposição de resíduos sólidos (Figura 2B).

Figura 2 – A) Pisoteio área de duna. B) Disposição inadequada de resíduos sólidos.


Fonte: Autor (2019).

Nas visitas, também foi possível verificar o uso da área para criação de equinos e galinhas, além de uma pequena horta adubada no interior do antigo empreendimento, vale ressaltar que as observações foram feitas fora da época de veraneio, o que de certa forma amortiza os impactos, pois não há tráfego de turistas e nem de veículos na área.

O ambiente sofre com muitos impactos ambientais oriundos de diversos aspectos ambientais (Quadro 1) que foram percebidos durante ida a campo.

Quadro 1 – Relação entre os aspectos e impactos ambientais percebidos por método exploratório de caminhamento na área do Clube Mariscão.

Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais
Pisoteio de dunas	Impede o desenvolvimento de espécies fixadoras de dunas; Compactação do solo; Alteração da qualidade do solo; Alteração da qualidade do ar.
Disposição de resíduos sólidos	Alteração da Qualidade da Água; Contaminação do solo; Degradação do paisagismo local; Interfere no potencial turístico; Proliferação de vetores de doenças (moscas, ratos, mosquitos e baratas); Geração de odores;
Construção sobre área de restinga	Impermeabilização do solo; Interferência no sistema natural de dunas móveis; Alteração da Qualidade da água.
Criação de animais	Contaminação biológica do solo; Compactação do solo por pisoteio dos animais; Geração de odores; Proliferação de possíveis vetores de doenças; Alteração da vegetação.
Cultivo de vegetais por horta organicamente adubada	Alteração da qualidade do solo; Inserção de espécie exótica;

Fonte: Autor (2019).

Técnicas para Recuperação

Para que a recuperação ambiental da área seja efetiva é necessário que o projeto aplicado siga algumas etapas de operações, elaborado especificamente para área estudada.

A remoção de toda a estrutura do empreendimento e dos resíduos oriundos da construção civil e de ações antrópicas deve ser a primeira etapa do projeto. Os resíduos encontrados, segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2008), são de classe A e B, com predominância de resíduos com classe A, podendo ser destinados a um aterro de resíduo de construção civil para que possam ser reutilizados, enquanto os poucos de classe B deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem conforme sugere o Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Os autores do artigo, recomendam que os animais domésticos encontrados na área deverão ser retirados e colocados sob responsabilidade de seus donos ou ainda recolhidos pelos centros de zoonoses ou pelo Instituto do Meio Ambiente de Jaguaruna (IMAJ).

Para evitar possíveis interferências no processo de recuperação da área, propõem-se a implantação de placas informativas, com a proibição do acesso ao local e construção de uma passarela em local adjacente à área a ser recuperada. Nema (2008) aponta que a construção de uma passarela permite o deslocamento natural dos sedimentos e o florescer natural da vegetação fixadora, além de propor o acesso à praia para cadeirantes, idosos e pessoas com alguma deficiência em locomoção.

A vegetação da área é a segunda etapa do plano de recuperação da área. A vegetação de praias e dunas frontais no litoral sul brasileiro, geralmente é formada por plantas herbáceas com estolões ou rizomas que muitas vezes fixam e cobrem totalmente a areia, esse tipo de vegetação recebe e resiste a salinidade marítima, que chega até elas através da ação de ondas, spray marítimo e pela maresia levada pelos ventos (FALKENBERG, 1999).

Para Falkenberg (1999) as espécies herbáceas mais características dessas regiões são: *Ipomoea pes-caprae* (batateira-da-praia); *Canavalia rosea** (feijão-de-porco); *Paniéum racemosum*, *Paspalum vaginatum*, *Sporobolus virginicus*, *Stenotaphrum secundatum*, *Spartina ciliata* (capim-da-praia); *Senecio crassiflorus* (margarida-da-praia); *Hydrocotyle bonariensis* (erva-capitão); *Blutaparon*

*portulacoides**; *Polygala cyparissias*; *Acicarpha spathulata* (rosetão); *Cenchrus echinatus*, *C. incertus* (capim-roseta); *Centella asiatica*; *Remirea maritima* (pillheirillhoda"praia); *Alternanthera maritima*; *Ipomoea imperati**; *Petunia littoralis*; *Vigna luteola*, *V. longifolia* (feijão-da-praia); *Oxypetalum banksii*, *O. tomentosum*, *Oxypetalum spp.* (cipó-leiteiro).

Foi possível a identificação de três espécies citadas por Falkenberg, no entorno da área que se deseja recuperar, são elas: *Spartina ciliata* (capim-da-praia), *Hydrocotyle bonariensis* (erva-capitão) e a *Ipomoea pes-caprae* (batateira-da-praia). Essas espécies serão utilizadas para a revegetação da área onde sugere-se que a recuperação seja feita através de propagação vegetativa, aproveitando a disponibilidade de algumas espécies presentes no entorno, essa técnica é amplamente utilizada para recuperação de dunas e é conhecida como transposição de vegetação (NORDSTROM, 2010). Consiste em deslocar mudas nativas do entorno da área, já em fase adulta, para as áreas onde se deseja recuperar.

A ação do vento é um fator muito importante para elaboração de medidas corretivas de recuperação de dunas, devido ao dinamismo que possuem e sua capacidade de se locomover através da força dos ventos. Para Nordstrom (2010), em todos os casos, as cercas geram beneficiamento em casos de recuperação de dunas, pois retém os estresses provocados pelo vento, tempestades e spray marinho, aumentando assim a probabilidade de desenvolver espécies menos adaptadas. O modelo de cercas, a ser implantado, segue o sugerido por Snyder e Pinet (1981, *apud* NORDSTROM 2010), com implantação das cercas feitas de cascas de eucaliptos, com porosidade de 50%, altura de 1 metro e instaladas em zigue-zague, paralelamente ao sentido predominante dos ventos, que neste caso é NE-SW. Esse modelo de cercas (Figura 3), além de criar dunas com aparência mais natural, permite o acesso da fauna à área em processo de recuperação.

Figura 3 – Modelo de barreiras quebra vento para auxílio na fixação da vegetação/duna.



Fonte: Stockfree images (2015).

Considerações Finais

A degradação ambiental das zonas costeiras põe em risco a estabilidade ecológica e a proteção natural a áreas adjacentes que são proporcionadas por um ambiente costeiro estabilizado.

As dunas frontais formam um ecossistema único, constituído por uma barreira natural responsável por estabilizar e proteger a costa de vários fatores naturais, como tempestades e ressacas marítimas.

A legislação atual e atuante sobre essas áreas é ampla e possui um importante respaldo quando referente a ações de combate aos diversos tipos de degradação que possa haver nessas áreas, principalmente aos provocados por ações antrópicas.

Existem várias técnicas para transformar um ambiente costeiro degradado em um outro recuperado, basta analisar cada uma delas e adequá-las ao modelo de ambiente desejado, o qual nem sempre é o mais próximo do natural. Muitos trabalhos já realizados podem auxiliar na escolha da metodologia.

O projeto apurou dados de ordem física, química e biológica da área em questão, com a finalidade de propor o modelo de recuperação que melhor se adapta à região, em busca de melhores resultados. Propondo assim, um modelo com baixo custo, inédito para área estudada e com boas probabilidades de se obter resultados positivos.

A pesquisa abre margem para realização de estudos futuros mais aprofundados na fauna local, estudos de monitoramento local, caso o projeto seja implantado, e ainda projetos sobre a educação ambiental de áreas costeiras.

Por fim, para que um projeto de recuperação ambiental tenha uma resultante positiva é necessário envolver não só as instituições públicas e privadas, mas também a comunidade local, a fim de obter visão holística do projeto a ser executado, entendendo dessa forma, a verdadeira intenção em preservar para as futuras gerações.

Referências

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; COELHO, JÚNIOR, L. M. Aspectos técnicos e legais que fundamentam o estabelecimento das APPs nas Zonas Costeiras – Restingas, Dunas e Manguezais. **Revista de gestão costeira integrada**. Itajaí, v. 9, n. 1, p. 40, mai. 2009. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci_11-2_avaliadores.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2019

CALLIARI, L. R. *et al.* Variabilidade das duas frontais no litoral norte e médio do Rio Grande do Sul, Brasil. **GRAVEL**, Porto Alegre, n.3, p. 15-30, nov. 2005. Disponível em: http://colossus.ufrgs.br/gravel/3/Gravel_3_03.pdf. Acesso em :03 ago. 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resoluções do CONAMA**: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008. 2 ed. Brasília, DF: CONAMA, 2008, 928p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. **Resolução CONAMA nº 307**, de 5 de julho de 2002 Publicada no DOU no 136, de 17 de julho de 2002. Brasília: Conama, 2002. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2019.

DALMAZ, A. **Estudo do potencial eólico e previsão de ventos para geração de eletricidade em Santa Catarina**. 2007. 1 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa produção de informação, Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.

FALKENBERG, D. de B. Aspectos da flora e vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula**, Florianópolis, n. 28, p 1-30, 1999. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/insula/article/view/21771/19743>> Acesso em: 22 ago. 2019.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

HORN, Norberto. Ilha de Santa Catarina. *In*: MUECHE, Dieter (Org.). **Erosão e Propagação do Litoral Brasileiro**. 1 ed. Brasília: MMA – Ministério de Meio Ambiente, 2012. p. 413-436.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Instrução Normativa nº 04 de 13 de abril de 2011**. Disponível em: < <http://www.ctpconsultoria.com.br/pdf/Instrucao-Normativa-IBAMA-04-de-13-04-2011.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2019.

JAGUARUNA ASCOM PREFEITURA DE JAGUARUNA. . **Sonho que vira realidade - PMJ adquire o Mariscão Praia Clube**. 2015. Disponível em: <<https://www.jaguaruna.sc.gov.br/noticias/index/ver/codMapaltem/16491/codNoticia/240525>>. Acesso em: 05 ago. 2019.

JAGUARUNA. **Praias**. 2019. Disponível em: <<https://turismo.jaguaruna.sc.gov.br/equipamento/index/codEquipamento/7568>>. Acesso em: 17 set. 2019.

MARTINHO, C. T. **Morfodinâmica e Sedimentológica de Campos de Dunas Transgressivos da Região de Jaguaruna-Imbituba, Santa Catarina**. 2004. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geociência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MUNICÍPIO, Diário O. **Foto Histórica 2011**. Disponível em: <<http://www.omunicipio.com/portal/vernoticias/foto-historia/137/foto-historia--21-02-2011>>. Acesso em: 28 jul. 2019.

NIMER, E., 1979. **Climatologia do Brasil**. 2ed., IBGE, 422p. disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81099.pdf>> Acesso em: 22/07/2019.

NÚCLEO DE EDUCAÇÃO E MONITORAMENTO AMBIENTAL – NEMA. **Gestão ambiental das dunas costeiras: manejo e conservação**. Rio Grande, 2008. 32 p. Disponível em: < <http://www.NEMA-rs.org.br/teses/dunas.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2019.

NORDSTROM, Karl F.. **Recuperação de praias e dunas**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2010.

PINHEIRO, A. *et al.* Dunas Móveis: Áreas de Preservação Permanente. **Revista Sociedade e Natureza**. Uberlândia v. 25, n. 3, p. 595-607, set./dez. 2013. Disponível em: <http://redalyc.org/articulo.oa?id=321329292012>. Acesso em: 06 ago. 2019.

PEREIRA, J. M. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

PORTZ, L. C. **Contribuição para o estudo do manejo de dunas: caso das praias de Osório e Xangri-Lá, litoral norte do Rio Grande do Sul**. 2008, 128 f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Área de Concentração: Geologia marinha; Manejo de dunas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13772/000652716.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 ago. 2016.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo, SP: Oficina de textos, 2008. 495 p. ISBN 978-85-86238-79-6

SESSEGOLO, R. A. Novas possibilidades de crescimento para a construção civil. **Universo da Construção**, Porto Alegre, n. 4, p. 49, fev. 2014.

STOCKFREEIMAGES. **Dune Fence Zig Zag**: A beach fence zigzags along the dunes protecting it from the weather elements.. 2015. Disponível em: <<https://www.stockfreeimages.com/1087018/Dune-Fence-Zig-Zag.html>>. Acesso em: 09 out. 2019.

TOLDO Jr., E.E; ALMEIDA, L.E.S.B.; NICOLODI, J.L.; MARTINS, L.R. Erosão e Acresção da Zona Costeira. *In*: MUEHE, D. (org.). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**, Brasília: MMA/PGGM, 2006. p.468-475.

SUSTENTABILIDADE, IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Djeimilly Dorigon de Souza¹; Julia Trevisol Apolinario²; Ana Sônia Mattos³

¹Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Centro Universitário Barriga Verde.
djeimilly2013@gmail.com.

²Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Centro Universitário Barriga Verde.
julia.apolinario@ibrap.com.br

³Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Centro Universitário Barriga Verde.
ana_sonia_mattos@hotmail.com.

Resumo: A escassez de água tem se tornado um assunto cada vez mais falado na atualidade. Algumas regiões de nosso país sofrem gravemente com secas, outras já possuem um índice pluviométrico mais elevado, o que acaba influenciando no desenvolvimento dessas regiões. O desperdício desse recurso vem influenciando a busca de novas soluções para que possamos controlar a escassez e utilizar a água de forma mais consciente. Sistemas de captação de águas pluviais se tornaram uma alternativa eficiente para a sociedade, no que diz respeito às residências e organizações, em que essa implantação se faz necessária na época atual. Este trabalho tem como objetivo identificar e apresentar os benefícios que pode trazer a implantação de um sistema de captação de águas pluviais. O estudo se baseia em revisão bibliográfica, por meio de trabalhos publicados *on-line* sobre o tema. Por se tratar de um sistema simples e de custo acessível, muitos benefícios podem ser visualizados na implantação de um sistema de captação, como a diminuição do escoamento superficial, controle de escassez de recursos hídricos e de enchentes, utilização para fins não potáveis, gerando economia financeira e preservando o meio ambiente.

Palavras-chave: Águas pluviais. Sistemas de captação. Recursos hídricos.

Introdução

Um dos bens mais preciosos e essenciais para os seres vivos é a água, recurso natural renovável, porém finito. A preocupação com os recursos hídricos tem se tornado um tema recorrente na atualidade, onde as chances de que ocorra uma crise hídrica se tornam cada vez mais próximas, decorrente do mau uso desse bem fundamental para a vida no planeta.

Nosso Planeta Terra é composto em sua maioria por água, por isso chamado de Planeta água. De acordo com Agência Nacional de Águas (ANA) (2018) “Estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não adequada ao nosso consumo direto, nem à irrigação da plantação”. Além disso, os 2,5% da água doce, são considerados de difícil acesso, pois 69% se encontram armazenadas em geleiras,

30% em aquíferos e 1% encontra-se nos rios. Com o crescimento da população mundial, indústria e da agricultura, sabemos que a água potável está se esgotando, e conseqüentemente, apesar de alertas, existe grande demanda de uso irracional, o que torna a situação ainda mais preocupante.

Em grande parte do país, as estações de secas e de chuvas são bem definidas. É preciso observar com certa atenção o padrão de chuvas e todas as mudanças climáticas, para então, programar de forma eficiente uma gestão de recursos hídricos, principalmente em épocas mais secas. Para Goldenfum (2006) os sistemas de coleta de águas pluviais para a reutilização manifestam-se como uma ferramenta para a preservação da água e como caminho para encarar possível carência de recursos hídricos. Logo, torna-se uma importante alternativa o aproveitamento das águas pluviais, a fim de remanejá-las para uso doméstico, industrial e agrícola, por meio de um sistema de captação da água das chuvas. Esse sistema traz muitos benefícios, não só economicamente, como também no combate à escassez e diminuição das enchentes nas grandes cidades.

Atualmente, o uso irracional dos recursos hídricos vem acarretando diversos impactos em nível global, como por exemplo, a escassez. A visão de um planeta Terra azul nos dá a impressão de que temos abundância no que se refere a recursos hídricos. Porém, a água potável que supre nossas necessidades físicas e que realizamos nossos afazeres, não é tão abundante como imaginamos. A escassez de água potável é realidade de várias pessoas na atualidade, decorrente de fenômenos naturais e do uso incorreto da água. A conscientização da sociedade é fundamental para o combate desta problemática, aderindo novas práticas para o consumo consciente dos recursos hídricos.

Para que possamos estar preservando esse recurso natural, e combatendo a escassez, precisamos tomar algumas medidas. Na implantação de um sistema de captação de águas pluviais, os benefícios são visíveis. A utilização nas atividades que demandam água para fins não potáveis pode ser de grande importância diante da necessidade de economia e preservação dos recursos hídricos. Este tema foi escolhido para enfatizar a importância da utilização da água da chuva para fins não potáveis, sendo um recurso gratuito e disponível, que trará muitas vantagens à preservação do meio ambiente.

Este presente trabalho visa analisar e apresentar os benefícios encontrados na implantação de sistemas de captação de águas pluviais, através de uma revisão bibliográfica. O trabalho traz a questão: quais os benefícios da implantação de um sistema de captação de águas pluviais?

O objetivo deste artigo é de apresentar os benefícios que traz a implantação de um sistema de coleta de água da chuva e como podemos utilizá-lo, tendo como objetivos específicos: identificar as etapas da implantação de um sistema de captação de águas pluviais e diagnosticar os benefícios da implantação.

Procedimentos Metodológicos

Este trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica, onde usamos como base trabalhos científicos, teses, dissertações e artigos, escolhidos na área do tema definido. Buscou-se trabalhos que mostrassem a importância da utilização da captação de água da chuva para fins não potáveis, abrangendo estudos mais atuais possíveis. Foram analisados os resultados obtidos nos trabalhos referenciados, buscando apurar os benefícios da implantação do sistema através de práticas já realizadas sobre o assunto.

Para a realização da pesquisa, foram utilizadas as seguintes palavras chaves: captação de água da chuva, aproveitamento de água da chuva, sistema de captação de águas pluviais. A base de dados eletrônica utilizada foi o Google Acadêmico, utilizando critérios como o ano de publicação, a proximidade com o objetivo deste presente trabalho e os resultados encontrados pelos referidos autores.

Recursos hídricos

A água é um recurso de extrema importância mundialmente a qualquer forma de vida. De acordo com Setti *et al.* (2000, p.30) “A água é considerada um recurso finito, escasso e de valor econômico. É um recurso tão importante que define o desenvolvimento que uma região, país ou sociedade pode alcançar”. A implantação de um sistema de gestão de recursos hídricos traz o desenvolvimento sustentável e mostra à sociedade a importância de boas práticas no que se diz respeito ao consumo de água.

O ser humano sempre obteve benefícios com o uso da água, utilizando em seus mais diversos afazeres. Conforme a Lei nº 9.433 da Política Nacional de

Recursos Hídricos (1997) “a água é um bem de domínio público”. Porém, o cidadão ao mesmo tempo em que possui o direito de utilizá-la, possui o dever de preservá-la.

Os recursos hídricos podem ser utilizados para diversos usos, como: geração de energia elétrica, na agricultura, no abastecimento industrial e doméstico, transporte, lazer, entre outras utilizações.

Escassez e consumo dos recursos hídricos

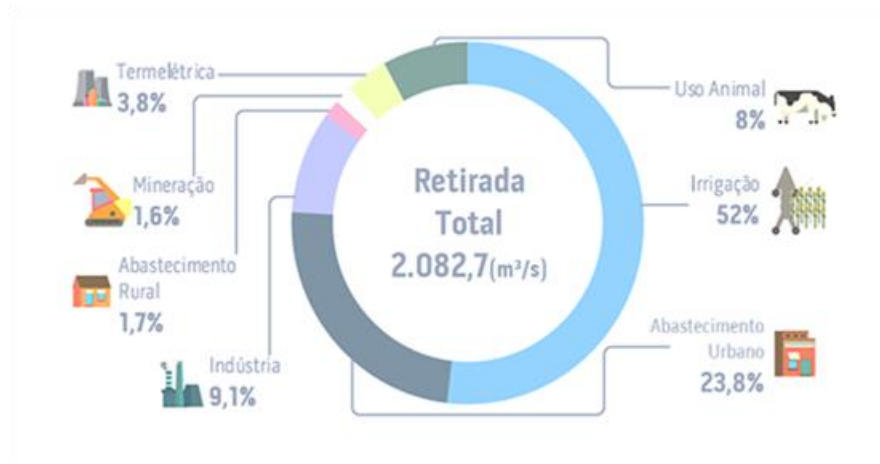
A utilização desenfreada e sem responsabilidade dos recursos hídricos está causando grandes preocupações no cenário atual. May (2004) opina que muitos dos problemas comuns e agravantes como a escassez dos recursos hídricos se fazem devido à qualidade e irregularidade do suprimento, à poluição das nascentes, ao desmatamento, à falta de saneamento básico, à má gestão e crescimento das áreas urbanas.

Apesar de todos os seres precisarem de água para sua sobrevivência, não quer dizer que podemos utilizá-la da forma inconsciente para todos os fins, sem pensarmos nas consequências. Para Selborn (2001, p. 23) “É preciso que a sociedade comece garantindo em primeiro lugar uma priorização adequada do acesso à água, que permita atender às necessidades essenciais da humanidade, assim como dos nossos ecossistemas”.

Neste sentido, devemos ter conhecimentos no que se refere tanto à preservação quanto ao uso consciente da água, para que esse recurso possa ser aproveitado na nossa geração e nas gerações futuras, e que os mesmos possam desfrutar de todo o bem que este recurso traz à sobrevivência humana.

De acordo com a Agência Nacional de Águas - ANA (2019), conforme mostra a Figura 1, a agricultura, o abastecimento urbano e a setor industrial são os principais ramos que utilizam a água retirada dos corpos hídricos, sendo 85% do percentual total de consumo de água. A estimativa é que todos esses ramos expandam seu consumo, desconsiderando o abastecimento humano rural, em decorrência do êxodo rural que aumenta com o passar do tempo.

Figura 1 - Demandas de uso da água no Brasil, por setor (%) e total sem considerar a evaporação dos reservatórios.



Fonte: ANA - Agência Nacional de Águas (2019).

Qualidade das águas pluviais

As condições de qualidade e a segurança sanitária variam de acordo com a finalidade à qual servirá a água. As águas de chuva são encaradas pela legislação brasileira como esgoto, sem um sistema de tratamento, a chuva escorre pelos telhados diretamente para as bocas de lobo, levando consigo as impurezas do caminho, ou pode escorrer para um córrego que vai para um rio, sendo possível que futuramente será captada para tratamento de água potável.

Para Jaques (2005, p. 34) “O baixo custo da água nas cidades, pelo menos para residências, desestimula qualquer aproveitamento econômico da água de chuva para uso potável”, o que não é o caso das indústrias, pois essas utilizam grande volume de água, logo, tornando-se viável. É de extrema importância planejar a utilização do sistema de aproveitamento de água de chuva para se comprovar a quantidade da água que poderá ser coletada e armazenada, como também para averiguar a necessidade de seu tratamento para que ela esteja armazenada de forma correta, filtrada, tratada e que assegure uma qualidade compatível com os usos previstos.

A NBR 15527/07 é uma das primeiras normas que fornece as condições para o aproveitamento de águas pluviais de coberturas em áreas urbanas, para os fins não potáveis tais como descarga em bacias sanitárias, irrigação de plantas ornamentais, lavagem de veículos e calçadas, limpezas de pátios, espelhos de água e usos industriais. No mais, a norma trata das condições gerais que o sistema deve satisfazer,

em especial, no que se refere a calhas e condutores, reservatórios, instalações prediais e manutenção (ABNT, 2007).

Aproveitamento de água da chuva

Como a água tem se tornado um recurso cada vez mais escasso, seu uso indevido muitas vezes faz com que tenhamos que repensar em criar alternativas para sua preservação, uma delas é o aproveitamento da água das chuvas. Sistemas de captação de águas pluviais já fazem parte da realidade atual pela busca de alternativas para a preservação e melhor aproveitamento desse recurso. O reaproveitamento de águas pluviais é uma opção que deve ser considerada após avaliação econômica e técnica (MAY, 2004).

Para Andrade Neto (2013) “As alternativas de uso são incontáveis, podem-se utilizar águas de chuva captadas de diversas formas, armazenadas sob várias condições e com diversos graus de qualidade”. O uso de cisternas para o armazenamento da água das chuvas é uma prática que vem ganhando grande atenção, apesar de ser uma técnica milenar, vem se mostrando muito eficiente, principalmente para uso doméstico e em grandes cidades, com o intuito de evitar enchentes.

A água advinda das chuvas é disponível em qualquer território, assim como a energia solar. O uso de técnicas para reter e reaproveitar esse recurso hídrico serve também para mitigar complicações como as enchentes e crises hídricas que possam gerar confrontos sociais (JAQUES, 2005).

Sistemas de captação de água da chuva

Em tempos atuais, cada vez se ouve falar mais sobre métodos para captação de água da chuva para utilização em atividades que não requerem água potável. A escassez de água é uma realidade em várias regiões do mundo e o Brasil. Mediante a essas problemáticas, a busca pela otimização desse recurso se torna muito importante, principalmente na atualidade.

A escolha de um sistema decorre da necessidade, do espaço e do tipo de terreno, existem alguns modelos de sistemas de captação (USE ÁGUA DE CHUVA, 2017):

- *Cisterna enterrada de alvenaria*

Podem ser construídas em concreto armado ou alvenaria mista com tijolos e argamassa, necessitando de manutenção para a prevenção de fissuras e impermeabilização, evitando vazamentos e infiltrações. É uma opção que possibilita um maior armazenamento, pois são construídas no subsolo, possibilitando ter dimensões maiores.

- *Cisterna enterrada de plástico*

Esse modelo de cisterna pode receber uma boa quantidade de água e não podem ser expostas a intempéries. São recomendadas para residências que já planejam receber esse sistema, pois não devem entrar em contato com o lençol freático e receber sobrecargas ou tráfego pesado.

- *Cisterna de placas pré-moldadas semi-enterradas*

O sistema necessita de pontos de instalação da rede hidráulica e pontos que permitam o acesso para manutenções. Esse modelo de cisterna é instalado com anéis pré-fabricados de concreto. Deve ser fabricada com material resistente para conter a água armazenada por um grande período, sendo que ficam enterradas a dois terços do solo.

- *Cisterna vertical de plástico (modular)*

São indicadas para condomínios e residências que querem aderir o sistema após sua construção. São adaptáveis às necessidades e outras peças podem ser anexadas. São pelas com design diferenciado que acrescentam no visual do ambiente. A vantagem desse modelo é que ele não necessita ser enterrado e possui facilidade na instalação e manutenção, também contando com seu custo-benefício. As peças recebem aditivos que as tornam mais duráveis e resistentes a micro-organismos.

Todos esses modelos de sistemas de captação devem atender aos requisitos básicos, como: evitar variação de temperatura em seu interior; garantir a integridade da estrutura mesmo vazia; e se feita de material impermeável, possuindo revestimento que impossibilite vazamentos. A água da chuva passa por estruturas como calhas, filtros e outros constituintes, até chegar ao reservatório final.

Instalações hidráulicas

Os sistemas hidráulicos para captação de águas pluviais são distintos dos que são utilizados para água potável, por exemplo. Ele deve ser independente, sem

contato nenhum contato com o sistema de distribuição da água potável e seus pontos de consumo deve ser sinalizado para que sejam diferenciados (GUINDANI, 2016).

Considerações Finais

No presente artigo de revisão bibliográfica, analisando trabalhos referentes ao tema, pudemos observar opiniões de diferentes autores.

Foi constatada que o aproveitamento da água de chuva é uma boa alternativa, sendo necessária a exploração pertinente, a fim de diminuir as chances de escassez, tornando-se um meio de substituição para o uso de fontes de abastecimento superficiais, o que posterga o enorme desperdício de água tratada para uso que não sejam necessários, como fins menos nobres. Existem vários pontos positivos neste sistema, como diminuir a demanda de água potável e preservar o meio ambiente, além de possuir alternativas variáveis financeiras e físicas (COLLA, 2008).

Para Guindani (2016, p. 78) “a utilização da água da chuva em edificações consiste em um sistema relativamente simples, podendo, através de um estudo prévio e projetos adequados, gerar bons resultados com a sua implantação”. Salieta-se a importância de se ter uma linha de crescimento, que se assemelhe ao volume total atendido, e que aumente de acordo com o crescimento do volume dos reservatórios. Essas pequenas variações devem ser analisadas, e moldadas conforme cada caso. Outro parâmetro de importância a ser analisado é a eficiência do sistema, bem como o custo de implantação, o tempo de retorno do investimento, características espaciais do local, no intuito de alcançar um melhor resultado, que satisfaça o cliente e suas necessidades (GUINDANI, 2016).

Os sistemas de captação de águas pluviais são considerados uma boa opção para a conservação desse recurso, possuindo baixos custos iniciais, dimensionando o sistema e acordo com as necessidades de captação e uso, juntamente com a facilidade de manutenção e simplicidade de implantação. Deve-se haver estudos teóricos sobre a implantação desses sistemas e encorajamento de sua aplicação prática, principalmente em regiões que carecem de recurso hídrico (GOLDENFUM, 2006).

Após a realização de análises químicas, como por exemplo: odor, turbidez, pH, ferro, dureza, manganês, cloretos, fluoretos, sulfatos e sólidos dissolvidos totais da água da chuva da região de estudo, foi constatado que a água pode ser utilizada para fins não potáveis, após a sua desinfecção. A sua utilização deve ser estimulada na

sociedade, já que podemos poupar a utilização de água potável em atividade de fins não potáveis (MAY, 2004).

Sistemas para o reaproveitamento de água da chuva podem variar física e financeiramente, de acordo com diversas limitações como a financeira, por exemplo, onde países em desenvolvimento normalmente possuem certos déficits financeiros (COLLA, 2008). Principalmente para países com limitações financeiras, a implantação de sistemas de captação para o aproveitamento de águas pluviais traz uma nova perspectiva na economia desse recurso, mediante a escassez, e a economia financeira.

Podemos constatar os diversos pontos positivos em relação à adesão de sistemas de captação de água da chuva, principalmente no que diz respeito à escassez de recursos hídricos, preservação do meio ambiente, prevenção de enchentes pela má gestão de redes de drenagem, e também por se tratar de um sistema simples e com baixo custo inicial, podendo visualizar o custo-benefício da implantação em pouco tempo. Portanto, recomenda-se o uso de água da chuva para fins não potáveis, sendo uma prática que deve ser estimulada cada vez mais na sociedade.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Estudo da ANA aponta perspectiva de aumento do uso de água no Brasil até 2030**. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias/estudo-da-ana-aponta-perspectiva-de-aumento-do-uso-de-agua-no-brasil-ate-2030>>. Acesso em: 20 jun 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Situação da água no mundo**. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/agua-no-mundo/agua-no-mundo#:~:text=Estima%2Dse%20que%2097%2C5,%25%20encontra%2Dse%20nos%20rios.>> Acesso em: 13 jun 2020.

ANDRADE NETO, Cicero Onofre de. **Aproveitamento imediato da água de chuva**. 2013. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7106/4878>> Acesso em: 16 jun 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-%C3%A1gua-da-chuva.pdf>> Acesso em 17 jun. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos **Hídricos**, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 09/01/1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 19 jun 2020.

COLLA, Lizzi Lemos. **Sistemas de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva**. Orientador: Galdenoro Botura Junior. 2008. 80p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Sorocaba, 2008. Disponível em: <https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariadeControleeAutomacao/galdenoro1906/galdenorotg-lizzi-2008_pdf.pdf> Acesso em: 19 jun. 2020

CONHEÇA os principais tipos de sistema de captação de água da chuva. [S.l.: s.n.] 2017. Disponível em: <<https://blog.useaguadechuva.com/sistema-de-captacao-de-agua-da-chuva/>>. Acesso em: 19 jun 2020

GOLDENFUM, Joel Avruch. Reaproveitamento de águas pluviais. **Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura. Passo Fundo. Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura**, v. 1, p. 1-14, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Joel_Goldenfum/publication/267196924_REAPROVEITAMENTO_DE_AGUAS_PLUVIAIS/links/559131fb08ae47a3490f0cae/REAPROVEITAMENTO-DE-AGUAS-PLUVIAIS.pdf>. Acesso em 12 mai. 2020.

GUINDANI, Adriano Marcos. **Estudo de viabilidade econômica da implantação do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em edificação residencial em Estrela-RS**. Orientador: Ivandro Carlos Rosa. 2016. 96p. Trabalho de Conclusão de Curso II (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2016. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1407/1/2016AdrianoMarcosGuindani.pdf>> Acesso em: 19 jun. 2020.

JAQUES, Reginaldo Campolino. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. Orientador: Flávio Rubens Lapolli. 2005. 102p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102214/221552.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 17 jun 2020.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Orientador: Racine Tadeu Araújo Prado. 2004. 189p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-02082004-122332/publico/simonemay.pdf>> Acesso em: 16 jun 2020.

SETTI, Arnaldo Augusto; LIMA, Jorge Enoch; CHAVES, Adriana Goretti; PEREIRA, Isabella de Castro. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2 ed. Brasília: Multimídia, 2001. 225p. Disponível em:
<<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/introduc3a7c3a3o-ao-gerenciamento-de-recursos-hc3addricos.pdf>> Acesso em: 13 jun 2020

SELBORN, Lord. **A ética do uso da água doce**: um levantamento. 3 ed. Brasília. 2001. 70p. Disponível em:
<<http://www.repositorio.ppec.ueg.br:8080/bitstream/handle/123456789/3/A%20%C3%89tica%20do%20uso%20da%20%C3%A1gua%20doce.pdf?sequence=1>> Acesso em: 16 jun 2020.

UTILIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE MAGNÉSIO COMO ADSORVENTE: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

Glauce Warmeling Duarte¹; Júlia Zomer de Moraes²; Karen Amorin da Silva³

¹ Pesquisa e Extensão. Centro Universitário Barriga Verde. gwduarte@gmail.com

² Pesquisa e Extensão. Centro Universitário Barriga Verde. juliazmoraes@hotmail.com

³ Pesquisa e Extensão. Centro Universitário Barriga Verde. Karenamorin16@gmail.com

Resumo: O crescimento das práticas industriais modernas tem sido acompanhado pela extensa liberação de efluentes ricos em subprodutos tóxicos. Essas águas residuais podem ser submetidas a diversos tipos de tratamento com finalidade de recuperar suas propriedades, sendo uma delas o processo de adsorção. O óxido de magnésio (MgO) é conhecido como um excelente adsorvente para uma variedade de compostos poluidores, principalmente quando se encontra em nanoescala. O uso de nano óxido de magnésio é algo extremamente promissor e possui eficiência em diversos campos. Este estudo é uma revisão bibliométrica e tem como objetivo avaliar o uso do nano óxido de magnésio como adsorvente.

Palavras-chave: Adsorvente. Óxido de magnésio. Nanopartículas.

Introdução

A poluição da água é a presença de componentes ou fatores químicos, físicos ou biológicos que produzem uma condição de comprometimento de um determinado corpo d'água em relação a algum uso benéfico. Embora certos eventos naturais possam causar poluição da água, as fontes antrópicas de poluição, ou seja, poluição decorrente de atividades humanas são as mais frequentes (SCHWEITZER; NOBLET, 2018).

A contaminação das águas é atualmente um problema muito sério e desafiador (TIWARI; ORIOLI; MAIO, 2019). Os métodos de descontaminação e saneamento utilizados atualmente são principalmente antimicrobianos ineficazes, geram altos custos com alto consumo de água e produtos químicos (aditivos) (SCHNABEL *et al.*, 2019).

O aumento da pressão de recuperação do meio ambiente devido as atividades humanas manifesta a necessidade de aplicação de novas abordagens mais eficazes para diminuir o impacto ambiental ocasionado principalmente pelas práticas industriais (KAZEMI *et al.*, 2018).

Alguns estudos estão sendo elaborados com foco na utilização de nanotecnologia para o tratamento de águas residuais. Em 2019, um artigo visou

apresentar uma revisão de técnicas de tratamento avançadas e de potencial promissor para remoção de material orgânico recalcitrante e metais pesados em meio aquoso por meio da nanotecnologia mencionando que os nanomateriais apresentam elevada capacidade de adsorção de poluentes. (CHIAVELLI *et al.*, 2019).

Nano adsorventes como um produto emergente e uma aplicação especial de nanomaterial desempenham um papel importante no controle e remoção de poluentes ambientais (KAZEMI *et al.*, 2018).

A capacidade de manipular as propriedades físicas, químicas e biológicas das moléculas em nanoescala já mudou nossa percepção da agricultura, alimentos, medicamentos e gestão ambiental e os estudos desenvolvidos com base em nanotecnologia têm recebido interesse mundial (MAYORGA *et al.*, 2020).

A nanotecnologia tem perspectivas de abrir novos caminhos usando a adaptação em escala atômica de materiais (PRASANTH *et al.*, 2019), tornando-se muito importante em diversas áreas.

Dentre os diversos materiais em nanoescala que são promissora mente utilizados como adsorventes pode-se citar o nano óxido de magnésio. Nanopartículas de óxido de magnésio (MgO) têm atraído considerável interesse como agente adsorvente em uma ampla variedade de aplicações (CATILLO *et al.*, 2019) pela sua notável remoção de poluentes e metais tóxicos.

Assim, este estudo tem como objetivo analisar os estudos científicos desenvolvidos com foco no uso de nano óxido de magnésio como adsorvente de poluentes encontrados comumente em águas residuais. Bem como a utilização deste material como adsorvente de corantes, CO₂, antibióticos entre outros.

Pretende-se ampliar os conhecimentos sobre nanotecnologia a fim de analisar e descobrir novas técnicas de remoção de poluentes, contribuindo para uma ciência mais atual e um meio mais sustentável.

Procedimentos metodológicos

Este artigo trata-se de uma pesquisa bibliográfica desenvolvida utilizando o método de bibliometria, o qual busca revisar, de forma integral na literatura, os estudos pertinentes ao assunto estabelecido, gerando análises detalhadas sobre os dados obtidos e avaliando sua qualidade. Assim, é possível realizar uma síntese e integração de dados, explorando afinidades e contradições entre estudos, fornecendo base para comparações finais (VOUGA; AMATUCCI, 2015).

Os artigos utilizados para esta pesquisa foram selecionados pela base de dados, *Science Direct*. O termo utilizado para busca, foi “(“nano magnesium oxide” OR “MgO” OR “magnesium oxide”) AND adsorbent” e encontrou-se um total de 252 artigos. Entre os grupos de palavras foi utilizando o operador booleano “or”. Os dois grupos de palavras foram interconectados com o uso do operador booleano “and”.

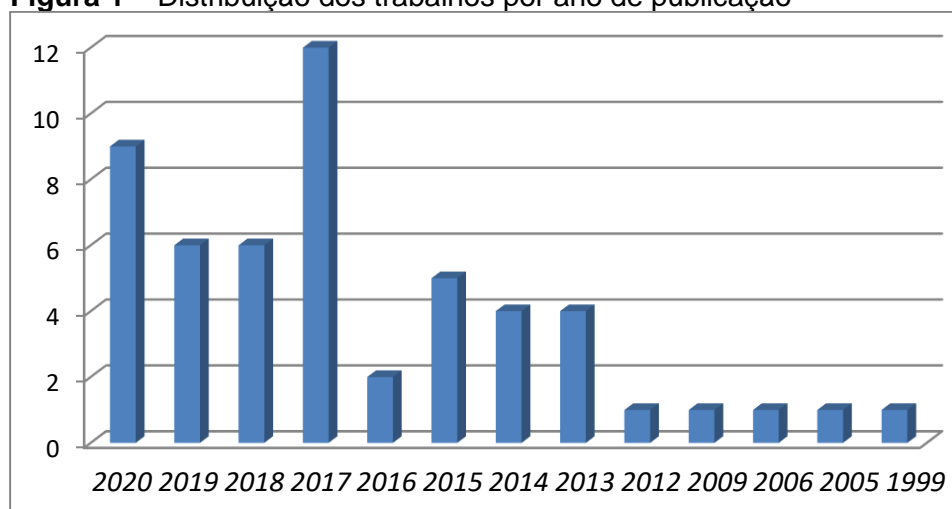
Todos os títulos e resumos foram analisados para verificar se tinham relação com o objetivo do artigo proposto. Foram avaliados os objetivos, métodos e resultados dos artigos, com o intuito de encontrar estudos referentes à utilização de nanopartículas de óxido de magnésio como adsorvente.

Após realizar a leitura de todos os itens, pode-se constatar que 198 artigos não estavam dentro do contexto, sendo utilizados 54 artigos para a construção do presente estudo.

Resultados e discussão

Os artigos utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho foram classificados pelo ano de publicação, conforme Figura 1. Nota-se pelos resultados apresentados que os trabalhos em relação ao nano óxido de magnésio como adsorvente são relativamente recentes, pois apesar de o primeiro artigo ter sido publicado em 1999, apenas após o ano de 2013 percebeu-se um aumento maior no interesse pelo tema. Ainda, pode-se perceber um aumento significativo nos últimos 4 anos, o que demonstra que este é um assunto recente, no qual ainda há diversas possibilidades de pesquisa.

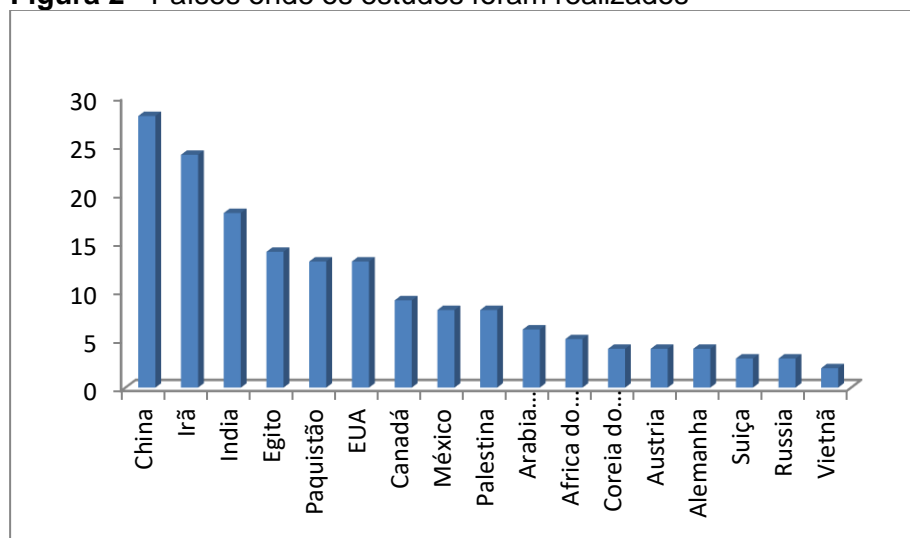
Figura 1 – Distribuição dos trabalhos por ano de publicação



Fonte: Autores (2020)

Em relação aos países onde estas publicações foram realizadas, somam-se um total de 20 países, sendo destaque pela quantidade de publicações a China e o Irã, com 28 e 24 publicações, respectivamente. A Figura 2 mostra os países dos artigos avaliados. Percebe-se que o Brasil não está entre os países que publicam a respeito do tema na base de dados pesquisada, o que indica que no país as pesquisas são ainda mais recentes ou insipientes.

Figura 2 - Países onde os estudos foram realizados



Fonte: Autores (2020)

Destacam-se os autores, Ali Frankhi e Maryam Malmoudi, do Irã com duas publicações cada e os autores Abbas Khaleel e J. Klabunde dos Estados Unidos, também com duas publicações cada.

Para avaliar os principais eixos utilizados nas pesquisas, os trabalhos encontrados foram categorizados em função da aplicação avaliada. Grandes partes dos trabalhos estudaram a utilização do nano óxido de magnésio como adsorvente para o tratamento de corantes. O segundo tema mais encontrado foi a remoção de CO₂ com o adsorvente proposto. Alguns artigos também trataram a reutilização desse material para que este possa ser usado em mais de um ciclo.

Adsorvente

Com o rápido crescimento da industrialização, os corpos d'água são poluídos com metais pesados e poluentes tóxicos. Na busca da remoção desses poluentes do ambiente aquoso, os pesquisadores têm desenvolvido muitas técnicas (LINGAMDINNEA *et al.*, 2019).

Poluentes da água como metais pesados são um dos principais perigos devido à urbanização e industrialização. Neste contexto, foi realizado um estudo utilizando o óxido de magnésio para a remoção de íons tóxicos de metais pesados. O processo de adsorção foi espontâneo e endotérmico, o que mostra que o MgO é um adsorvente e desinfetante competente para obter água potável (AIN; FAROOQ; JALEES, 2020).

Um estudo desenvolveu nano-adsorvente de magnésio e de óxido de zinco para a remoção de cobre (Cu) de águas residuais. Embora ambos os nano-adsorventes tenham sido eficazes na remoção de 92% a 98% de Cu de amostras industriais, o MgO apresentou melhor potencial de adsorção comparado ao ZnO. Os resultados indicaram que o nano MgO e o nano ZnO são eficazes e podem ser usados como adsorventes de baixo custo e favoráveis ao meio ambiente (RAFIQ *et al.*, 2014).

Nano-MgO ambientalmente amigável foi usado pela primeira vez para remover antimônio (Sb) do sistema de água. As experiências indicaram que o nano-MgO calcinado a 400 °C exibia boa capacidade de adsorção para Sb, demonstrando que este material é um adsorvente promissor para remoção de Sb (III) de água (XUA *et al.*, 2020).

Diferentes nanopartículas contendo magnésio (Mg), sendo elas hidróxido de magnésio, (Mg (OH)₂), nano magnésio óxido (NMgO) e óxido de magnésio ativado (AcMgO), foram testados a fim de identificar o adsorvente mais eficiente para a defluoridação de águas subterrâneas. O NMgO, foi o material mais adequado. As características de qualidade da água tratada mostraram um aumento na dureza total enquanto as concentrações de Ca²⁺ foram bastante reduzidas (OLADOJA *et al.*, 2015).

Nanocristais de MgO suportado em γ -Al₂O₃ foram testados como nanoadsorventes para remoção de íons fluoreto. Pode-se observar a capacidade de adsorção de ~ 5,6 mg/g que foi obtida em 140 min, faixa de pH neutro de 6,3-7,3 e dosagem de adsorvente de 0,5 g/L como a melhor para remoção de flúor (>85%) (NAZARI; HALLADJ, 2014).

Nanopartículas de Ag-MgO/ nanoidroxiapatita (Ag- MgOnHaP) foram produzidas para a remoção de fluoreto em águas subterrâneas. A capacidade de adsorção ideal de mg/g a 298 K foi registrado com mais de 90% de remoção de flúor na dosagem de 0,3 g, sendo a adsorção máxima obtida em pH 6 (AYINDE, 2018).

Outro estudo desenvolveu nano folhas de magnésio para ser usado na remoção de selenito e selenato. O resultado apresentou máximas de adsorção de 103,52 e 10,28 para selenito e selenato respectivamente (CUI *et al.*, 2018).

A remoção por adsorção de íons metálicos Zn^{+2} , Cu^{+2} e Cr^{+3} de soluções aquosas em NiO – MgO nanopartículas à base de sílica (SBNs) foram estudadas. A regeneração e estudos de reutilização provaram que os SBNs NiO – MgO podem ser empregados para a adsorção desses metais repetidamente, sem afetar a capacidade de adsorção, indicando sua sustentabilidade. (ABUHATAB *et al.*, 2020).

Em um processo simulado de remoção de matéria orgânica natural (NOM) usando ácido húmico como matéria orgânica típica, foi descoberto que o nano-MgO mesoporoso realiza uma remoção de NOM de alta capacidade quando acoplado à separação por membrana de microfiltração. O MgO pode ser regenerado por mais de dez circulações recozendo o compósito $Mg(OH)_2/Mg-NOM$ à 500 C, de modo que o processo de reciclagem de MgO é sustentável sem a necessidade de compra contínua de produtos químicos (ZHOU *et al.*, 2020).

Remoção de corantes

Um pó de MgO poroso foi sintetizado e testado para a remoção de corantes de soluções aquosas. Os resultados experimentais indicam que o pó de MgO preparado pode remover mais de 98% de corantes sob condições operacionais ótimas (MOUSSAVI; MAHMOUDI. 2009).

Foi avaliado a eficácia de adsorção de ZnO, MgO e FeO para a remoção de Corante azul celeste (DSB) e os adsorventes estudados mostraram potencial para adsorção de corantes nas águas residuais têxteis (NOREENA *et al.*, 2020).

O desempenho do nano óxido de magnésio também foi estudado para a remoção do corante azul reativo (RB) 19, sendo obtida uma capacidade máxima de adsorção de 250 mg/g (KIM *et al.*, 2013).

Nanoestruturas de óxido de magnésio foram sintetizadas através de um método de combustão sol-gel usando uréia, ácido oxálico e combustíveis de ácido cítrico. As propriedades de adsorção dos diferentes MgO para a remoção dos corantes aniônicos Red 195 (RR195) e Orange G (OG) foram examinados. Os resultados revelaram que a nanoestrutura de MgO gerada a partir do combustível de ácido oxálico apresentou as maiores capacidades de adsorção (MOSTAFA *et al.*, 2017).

Outro método foi elaborado utilizando nanoflocos mesoporosos bimodais de MgO para a degradação do corante azul de metileno em meio aquoso e sob irradiação por luz UV. Os resultados confirmaram que o MgO mesoporoso sintetizado foi significativamente melhorado devido a presença de tamanhos diferentes de poros e alta área superficial específica, resultando em maior adsorção, armazenamento e degradação das moléculas de corante (NAJAF, 2017).

Em outro estudo o óxido de magnésio nanoestruturado (MgO) foi preparado por um método simples, utilizando um copolímero em bloco não iônico como surfactante. O Ni foi introduzido no MgO para melhorar as propriedades da superfície. Os resultados mostram um comportamento de adsorção alto para a remoção de Corante azul de metileno, com uma capacidade máxima de adsorção de 367 mg/g, indicando o desempenho aprimorado de adsorção das estruturas produzidas (MOHAMEDA; SHAWKY; MKHAID, 2017).

Uma nova produção de óxido de magnésio nanoporoso foi produzida por precipitação para tratar águas residuais contaminadas por corante reativo. Para melhorar as propriedades adsorptivas do pó de MgO, as combinações de surfactantes, contendo brometo de cetilmetilamônio (CTAB), dodecil sulfato de sódio (SDS) e éter polioxietileno-octil-fenílico (TX100) foram aplicadas com base no algoritmo de projeto de mistura por precipitação. O adsorvente nas condições ideais indicou uma afinidade significativa para a remoção do corante reativo (POURRAHUM *et al.*, 2020).

Nanopartículas de Fe₃O₄/MgO foram sintetizadas e utilizadas na remoção de corante alimentar de amarantho. Os resultados comprovam uma possível utilização do composto como adsorvente eficaz na remoção do corante alimentar (M, AHMED; EL-SHAHAT, 2016).

Nano-folhas de óxido de magnésio foram sintetizadas usando hummer melhorado e magnetizado eletroquimicamente usando eletrodos de ferro aplicando diferentes correntes por diferentes períodos. O MgO foi avaliado quanto à adsorção de MB de águas residuais coloridas simuladas. Os resultados indicam que pode ocorrer a remoção de até 93%. Este estudo apresenta o MgO como um adsorvente reciclável e reutilizável com a eficiência de remoção acima de 90% que pode ser potencialmente usada no tratamento de águas residuais (JALALI; PAJOOTTAN; BAHRAMI, 2019).

O MgO demonstrou ser um material de adsorção promissor para a remoção de corantes das águas residuais devido às suas características únicas. O MgO foi

introduzido no MCM-41 mesoporoso para melhorar suas propriedades da superfície. Comparado ao MgO puro e ao MCM-41, o mesoporoso MCM-41 / MgO exibiu capacidade de adsorção aprimorada e estabilidade superior de reciclagem para remoção rápida de um corante orgânico da água. Mesmo depois de cinco consecutivos ciclos, a eficiência de remoção ainda é de até 90% (PEIA, JIANGA, YUAN, 2019).

Remoção de CO₂

O MgO é um adsorvente promissor na captura de CO₂. A cinética de adsorção de CO₂ do MgO poroso foi investigada sob ampla faixa de pressão parcial de CO₂ e temperatura de adsorção. Diferentes modelos de adsorção foram utilizados para investigar o mecanismo do MgO poroso. Verificou-se que o MgO poroso mostrou processo de adsorção em dois estágios, com rápida captação inicial de CO₂ e subsequente lenta adsorção (ZHU, 2016).

Os adsorventes de MgO foram preparados a partir da calcinação de MgCl₂·6H₂O suportados em vários resíduos, incluindo bagaço de cana, borra de café, casca de arroz e pó de serra. Entre os adsorventes, a amostra suportada pela cinza de casca de arroz (MgO-RHA) apresentou alta capacidade de adsorção de CO₂, devido às boas propriedades texturais, nanocristalização de partículas de MgO, dispersão uniforme dos componentes ativos e basicidade superficial enriquecida. O adsorvente apresentou boa estabilidade de trabalho com perda de capacidade de 7,68% em 10 ciclos repetidos (GUOA *et al.*, 2020).

Um estudo desenvolveu novos adsorventes à base de óxido de magnésio para utilização na captura de CO₂ em condições ambientes. O óxido de magnésio (MgO) foi sintetizado usando uma técnica sol-gel fácil a partir de nitrato de magnésio e hidróxido de amônio, hidróxido de sódio ou ácido oxálico. Adsorvente de MgO sintetizados na presença de hidróxido de amônio (rotulado como MgO-A) apresentaram a maior área superficial e maior capacidade de adsorção de CO₂ (30 mg/g) em relação àquelas sintetizadas na presença de hidróxido de sódio (MgO-N) ou ácido oxálico (MgO-O) (ALKADHEIM; ELGZOLY; ONAIZI, 2020).

Os adsorventes a base de MgO para a captura de CO₂ podem ser produzidos facilmente, pois apresentam baixo custo. Foi relatado em um estudo que a capacidade de adsorção é de 0,96mmol/g mesmo após oito ciclos (YANG *et al.*, 2018).

Adsorção de antibióticos

Em um experimento com nanopartículas de óxido de magnésio, testou-se a eficácia dessas para adsorção de antibióticos de cefalosporina, e com isso notou-se que aconteceu um aumento na remoção desses antibióticos quando a dose de nanopartículas de MgO foi aumentada para 0,45 g/l. E então essa dosagem foi a considerada ótima para estudos adicionais (FAKHRI; ADAMI, 2014).

Nanocompósitos de SiO₂ carregados com MgO foram avaliados como adsorvente de antibióticos de solução aquosa. Foi possível verificar que o SiO₂ carregado com MgO exibiu excelente desempenho de adsorção, com uma taxa de remoção acima de 80% em uma ampla faixa de pH de 4-10 (YUE *et al.*, 2019).

A adsorção do antibiótico linezolina através de nanopartículas de MgO e nanocompósitos de ZnO-MgO foi investigada e percebeu-se que a capacidade de adsorção dos nanocompósitos de ZnO-MgO é maior do que as nanopartículas de MgO devido a maior área de superfícies específica do nanocompósito de ZnO-MgO (FARHRI; BEHROUZ, 2015).

Considerações finais

Foi possível observar que o estudo sobre nanotecnologia vem ganhando destaque no mundo todo, pois essa pode ser a solução para vários problemas, principalmente no meio ambiental. Assim, vários estudos foram e estão sendo desenvolvidos sobre essa tecnologia.

O nano óxido de magnésio vem sendo estudado com intuito de agir como adsorvente na remoção ou redução de poluentes, sendo esses encontrados em mares, solo e até mesmo ar. Sendo assim diversas são as maneiras de utilizarmos o nano óxido de magnésio como adsorvente.

Dentre as aplicações que são avaliadas podemos notar que o nano óxido de magnésio possui grande importância na redução ou remoção de vários tipos de corantes, sendo esses tóxicos ou não, contribuindo para um meio mais equilibrado e sustentável.

Pode-se observar o uso do nano óxido de magnésio como adsorvente bastante eficiente na remoção/ redução de CO₂, sendo utilizadas várias técnicas para essa aplicação.

Ainda, o nano óxido de magnésio pode ser reutilizado, sendo que cada estudo permite uma quantidade de ciclos únicos. O que permite que esse adsorvente seja sustentável e menos prejudicial ao meio ambiente.

Em síntese, o uso de nano óxido de magnésio é algo extremamente promissor e possui eficiência em diversos campos. Além da possibilidade de reutilização do mesmo, o que o torna ainda mais competente.

Referências

AIN, FAROOQ e JALEES. **Application of Magnetic Graphene Oxide for Water Purification: Heavy Metals Removal and Disinfection.** 2020.

ALKADHEM, ELGZOLY e ONAIZI. **Novel Amine-Functionalized Magnesium Oxide Adsorbents for CO₂ Capture at Ambient Conditions.** 2020.

AYINDE. **Green synthesis of Ag/MgO nanoparticle modified nanohydroxyapatite and its potential for defluoridation and pathogen removal in groundwater.** 2018.

CATILLO *et al.* **Protection of 18th century paper using antimicrobial nano-magnesium oxide.** 2019

CHIAVELLI *et al.* **Aplicação de nanomateriais no tratamento de águas residuais.** Congresso brasileiro de engenharia de produção. 2019.

CUI *et al.* **Adsorption study of selenium ions from aqueous solutions using MgO nanosheets synthesized by ultrasonic method.** 2018.

GUOA *et al.* **Biomass ash stabilized MgO adsorbents for CO₂ capture application.** 2020.

HEE-WON *et al.* **Formation of iron oxides from acid mine drainage and magnetic separation of the heavy metals adsorbed iron oxides.** Pág. 28 – 32. 2016.

KAZEMI *et al.* **Life cycle assessment of nanoadsorbents at early stage technological development.** 2018.

KIM *et al.* **A facile synthesis of nanostructured magnesium oxide particles for enhanced adsorption performance in reactive blue 19 removal.** 2013.

LINGAMDINNEA *et al.* **A comprehensive review of applications of magnetic graphene oxide based nanocomposites for sustainable water purification.** 2019.

M, AHMED e EL-SHAHAT. **Selective adsorption of amaranth dye on Fe₃O₄/MgO nanoparticles.** 2016.

MAYORGA *et al.* **Applications of nanotechnology in agry-food productions.** 2020.

MOHAMEDA, SHAWKY e MKHAID. **Facile synthesis of MgO and Ni-MgO nanostructures with enhanced adsorption of methyl blue dye.** 2017.

MOSTAFA *et al.* **MgO nanostructure via a sol-gel combustion synthesis method using different fuels: An efficient nano-adsorbent for the removal of some anionic textile dyes.** 2017.

MOUSSAVI e MAHMOUDI. **Removal of azo and anthraquinone reactive dyes from industrial wastewaters using MgO nanoparticles.** 2009.

NAJAF, Abolhassan. **A novel synthesis method of hierarchical mesoporous MgO nanoflakes employing carbon nanoparticles as the hard templates for photocatalytic degradation.** 2017.

NAZARI e HALLADJ. **Adsorptive removal of fluoride ions from aqueous solution by using sonochemically synthesized nanomagnesia/alumina adsorbents: an experimental and modeling study.** 2014.

NOREENA *et al.* **ZnO, MgO and FeO adsorption efficiencies for direct sky Blue dye: equilibrium, kinetics and thermodynamics studies.** 2020.

OLADOJA *et al.* **Characterization of granular matrix supported nano magnesium oxide as an adsorbent for defluoridation of groundwater.** 2015.

PRASANTH *et al.* **Green synthesis of magnesium oxide nanoparticles and their antibacterial activity.** Indian Journal of Geo Marine Sciences. Vol. 48. 2019.

POURRAHUM *et al.* **Application of solid waste of ductile cast iron industry for treatment of wastewater contaminated by reactive blue dye via appropriate nanoporous magnesium oxide.** 2020.

RAFIQ *et al.* **Utilization of magnesium and zinc oxide nano-adsorbents as potential materials for treatment of copper electroplating industry wastewater.** 2014.

SCHANABEL. **Sanitation of fresh-cut endive lettuce by plasma processed tap water (PPtW) – up-scaling to industrial level.** 2019.

SCHWEITZER e NOBLET. **Chapter 3.6 – Water Contamination and Pollution.** 2018.

TIWARI,; ORIOLI e MAIO. **Assessment og groundwater geochemistry and diffusion of hexavalent chromium contamination in an industrial town of Italy.** 2019.

VOUGA e AMATUCCI. **O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum.** Revista Eletrônica de Negócios Internacionais, v. 10, p. 1–5, 2015.

XUA *et al.* **Removal of Sb(III) from wastewater by magnesium oxide and the related Mechanisms.** 2020.

YANG *et al.* **MgO-based adsorbent achieved from magnesite for CO₂ capture in simulate wet flue gas.** 2018.

ZHU *et al.* **estigation of CO₂ adsorption kinetics on porous magnesium oxide.** 2016.

Instituição de fomento: O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil.

UTILIZAÇÃO DO FRESADO ASFÁLTICO EM SUBSTITUIÇÃO AOS AGREGADOS NO CONCRETO

Bruna Schlickmann¹; Douglas da Silva²; Marcelo de Bona da Silva³; Ana Sônia Mattos⁴; João Paulo Mendes⁵; Júlio Preve Machado^{*}

Centro Universitário Barriga Verde – UNIBAVE - E-mail: juliopreve@hotmail.com

Resumo: Partindo de uma pesquisa exploratória em base de dados, esse trabalho foi realizado para análise do reaproveitamento de fresado asfáltico, em que o descarte, em muitos casos, é realizado de forma incorreta. Foi utilizado fresado asfáltico como agregado graúdo, visando o reaproveitamento e observando o seu comportamento mecânico, a fim de diminuir o impacto ambiental da construção civil. Após coleta do fresado asfáltico, foram realizados britagem, correção do material e os ensaios dos corpos de prova. Consegue-se observar que a trabalhabilidade do concreto com adição de material fresado teve melhora significativa no adensamento dos corpos de prova. Notou-se que utilizando o concreto convencional houve uma trabalhabilidade menor. Já, na resistência característica do concreto à compressão, o concreto convencional tem maior resistência em relação ao concreto com adição do fresado asfáltico. E por fim, pode-se constatar também, que a absorção de água é minimizada no concreto com adição do material fresado.

Palavras-chave: Fresado asfáltico. Agregado graúdo. Agregado miúdo. Concreto.

Introdução

Com o aumento significativo das cidades e o desenvolvimento da população, a produção de lixo vem aumentando, o que tem preocupado a todos nos últimos tempos. Os métodos de reciclagem atualmente não se aplicam a todos os materiais descartados, fazendo com que o descarte dos mesmos ocorra de maneira inadequada (PORTE, 2017).

Na recuperação de pavimentos asfálticos, quando se faz necessário a retirada de revestimento, realiza-se a fresagem, que consiste no corte do pavimento e a sua trituração. O problema está no descarte do resíduo gerado pela fresagem, que na maioria dos casos é depositado em aterros, chamados de áreas de bota-fora, geralmente localizados à beira das rodovias (ALBERTON; CARGNIN, 2018).

O trabalho tem como objetivo geral verificar o desempenho do fresado asfáltico quanto a sua resistência mecânica, quando adicionado ao concreto e ainda, como objetivos específicos, sintetizar a geração de resíduos sólidos na construção civil, realizar o reaproveitamento de resíduos de obras, reduzir os custos de materiais na obra e restringir o impacto ambiental relacionado à construção civil.

O acúmulo de resíduos em obras é exorbitante, sendo assim, optamos por trabalhar com fresado asfáltico no concreto como forma de reciclagem, favorecendo a construção civil nesse quesito de desperdícios. Ainda vale salientar o depósito incorreto desses resíduos, pois, como se trata de diversos tipos, é proibido descartá-los em inúmeros locais. Sendo assim, utilizaremos o fresado asfáltico contribuindo com a reciclagem e ainda, como forma de redução de gastos quando tratamos de concreto, analisando sempre as propriedades mecânicas do mesmo após realizar os testes com concreto convencional e com concreto com adição de fresado asfáltico substituindo, assim, os agregados.

Agregados Convencionais

Cerca de $\frac{3}{4}$ (60 a 80%) do volume do concreto são ocupados pelos agregados, e a qualidade deles é de suma importância na produção de um bom concreto, exercendo uma forte influência não apenas na resistência mecânica do produto acabado como, também, em sua durabilidade e no desempenho estrutural (OLIVEIRA; ARAÚJO, 2015).

Segundo Scobar (2016), “a utilização dos agregados miúdos influencia na trabalhabilidade do concreto no estado fresco. Já, os agregados graúdos independentes da sua origem são utilizados no concreto com o objetivo de reduzir os custos sem prejudicar as características necessárias para a estrutura”.

Agregados Reciclados

O alto volume de resíduos gerados pelo mercado da construção civil está aumentando cada vez mais, e vem se tornando um grande problema no país. Apenas uma em cada cinco obras no país reciclam os entulhos gerados (DUARTE; GODINHO, 2015).

Conforme Duarte e Godinho (2015), “agregado reciclado é o material resultante do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem todas as características necessárias para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários etc.”.

Em comparação com os agregados convencionais, os agregados reciclados apresentam porosidade elevada e menor densidade. Porém, são mais heterogêneos e menos resistentes (GOMES *et al.*, 2015).

Fresado Asfáltico

De acordo com Porte (2017), “o fresado asfáltico é um material obtido através da remoção da camada superficial do revestimento asfáltico no processo de reconstituição dos pavimentos, o material apresenta granulometria variada pelo processo de extração, e não possui um destino correto, a não ser a utilização na própria reconstituição do reforço usado no pavimento”.

Segundo Ruiz (2017), “o fresado asfáltico, além de ser utilizado na própria reconstituição do reforço de pavimento, que trazendo o benefício de reutilização de material, pode ser usado em acostamentos de estradas de menor tráfego, como melhoria nas camadas finais de terraplanagem, incorporando-o ao solo do aterro, ou ainda, como “limpa roda”, que é um método utilizado para que a lama trazida pelos pneus dos carros não suje o leito pavimentado.

Substituição de agregados graúdo e miúdo por fresado asfáltico

Conforme Souza *et al.* (2017), “a fresagem de pavimentos asfálticos está entre uma das atividades que mais geram resíduos na construção civil, e esses resíduos geralmente são estocados em áreas de “bota fora”, até os órgãos responsáveis darem um destino final para esse material”.

O fresado asfáltico, que é retirado da camada superficial asfáltica, deve ser preparado antes de ser utilizado, sendo assim, o mesmo é removido do pavimento através de demolições com equipamentos como escavadeira hidráulica, retroescavadeira, motoniveladora com escarificador e/ou trator de esteiras com ripper, e em seguida passa por um processo de britagem (RUIZ, 2017).

Segundo Ruiz (2017), “alguns pesquisadores vem desenvolvendo com o tempo, pesquisas sobre o comportamento do cimento Portland com a adição de fresado asfáltico no concreto.

Um estudo realizado por Delwar, Fahmy e Taha (1997) substituindo os agregados naturais por fresado asfáltico com porcentagens de 25, 50, 75 e 100% de agregado graúdo e 100% de agregado miúdo, trouxe alguns resultados. Redução de resistência à compressão conforme a elevação do teor de substituição, ou seja, quanto mais fresado asfáltico, menor a resistência à compressão, porém, maior ductibilidade. Os pesquisadores indicam que esse tipo de concreto pode ser aplicado na produção de barreiras, calçadas, calhas e tubos.

Em um estudo realizado por Huang, Shu e Li (2005), foi substituído 100% dos agregados convencionais por fresado asfáltico, o resultado obtido foi de 41% de redução na resistência à compressão.

Procedimentos Metodológicos

A teoria desenvolvida para este artigo, foi por exploração em base de dados (fontes secundárias), como scielo e google acadêmico, otimizando o aprendizado obtido com a participação nas aulas teóricas em sala de aula e as pesquisas realizadas. Foram pesquisados assuntos como: agregados reciclados, fresado asfáltico, substituição de agregados convencionais por fresado asfáltico, agregados alternativos para concreto, entre outros. A seleção dos artigos foi escolhida de forma qualitativa, abordando tópicos como: teoria de fácil entendimento, abrangência significativa dos assuntos, ano de publicação.

Primeiramente foi retirado amostras de fresado asfáltico na empresa SETEP Construções SC, Estrada Geral Rio Maior 1, Urussanga/SC, foram coletados aproximadamente 20kg de fresado asfáltico. Em seguida, foi realizado a britagem (diminuição das partículas) manualmente do material até que se aproximasse ao tamanho de um agregado graúdo (Figura 1).

Figura 1 - Fresado asfáltico britado



Fonte: Autores (2019)

No dia 20 de setembro de 2019, foram recolhidos os agregados graúdos e miúdos para serem utilizados na mistura. Esta coleta foi realizada em um material de construção na cidade de São Ludgero/SC e, após, os materiais foram levados ao laboratório do cento universitário.

No dia 23 de setembro de 2019, estas amostras foram levadas até o forno de secagem (Figura 2), a uma temperatura de 120° C por aproximadamente 24 horas, para a retirada da umidade do material antes de ser iniciado os testes.

Figura 2 - Forno de secagem

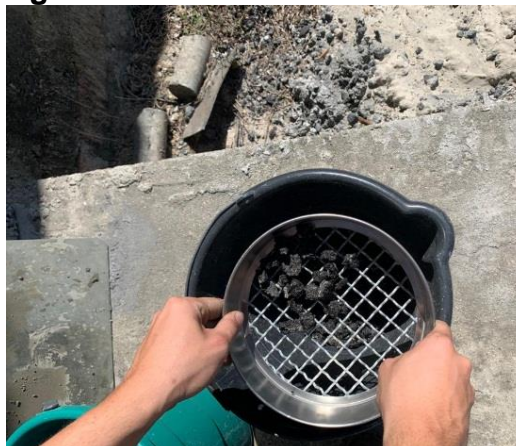


Fonte: Autores (2019)

Então, no dia 24 de setembro de 2019, foi iniciado o procedimento de moldagem dos corpos de prova, com a limpeza dos moldes, retirando os resíduos de material e untando-os com óleo para facilitar o desmolde dos mesmos. Os moldes possuem 20cm de altura e 10cm de diâmetro (figura 3). Após, foi feito o peneiramento do fresado asfáltico em uma peneira $\frac{3}{4}$, possibilitando a uniformização das partículas, fazendo com que o concreto tenha uma resistência adequada. O material retido foi britado novamente para evitar o desperdício de material (Figura 4).

Figura 3 - Limpeza dos moldes


Fonte: Autores (2019)

Figura 4 - Peneiramento do fresado asfáltico


Fonte: Autores (2019)

Após uma conversa entre a equipe e através de pesquisas de artigos científicos foi concordado em utilizar 12 corpos de prova, de modo que houvesse 3 amostras para cada ensaio. Foram realizadas amostras de concreto convencional, amostras com adição de 25%, 15% e 10% de fresado asfáltico, para a obtenção de um melhor resultado em comparação com teorias estudadas. (Figura 5). O traço convencional realizado para o concreto foi pesado em volume e transformado em massa, já que o agregado miúdo foi seco em estufa e não haveria problema com acúmulo de água no agregado. O traço utilizado foi de 1:2,5:2,5 (cimento: areia: brita), e os pesos de cada traço seguem descritos nos quadros de 1 a 4:

Quadro 1 – Traço Concreto Convencional

Material	Peso
Cimento	1,800 kg
Areia	6,490 kg
Brita	6,330 kg

Fonte: Autores (2019)

Quadro 2 – Traço Concreto com adição de 25% de fresado asfáltico

Material	Peso
Cimento	1,800 kg
Areia	6,490 kg
Brita	4,746kg
Fresado asfáltico	1,583 kg

Fonte: Autores (2019)

Quadro 3 – Traço Concreto com adição de 20% de fresado asfáltico

Material	Peso
Cimento	1,800 kg
Areia	6,490 kg
Brita	5,697 kg
Fresado asfáltico	1,266 kg

Fonte: Autores (2019)

Quadro 4 – Traço Concreto com adição de 10% de fresado asfáltico

Material	Peso
Cimento	1,800 kg
Areia	6,490 kg
Brita	5,697 kg
Fresado asfáltico	0,633 kg

Fonte: Autores (2019)

Figura 5 - Corpos de provas concretados


Fonte: Autores (2019)

A realização da concretagem ocorreu conforme o professor presente no laboratório nos orientou, seguindo a sequência abaixo:

- Primeiro: umedecer a betoneira;
- Segundo: colocar a brita (quando necessário, fresado asfáltico);
- Terceiro: adicionar água;
- Quarto: adicionar areia;

- Quinto: adicionar cimento;
- Sexto: por último, o restante da água;
- Sétimo: misturar durante 90 segundos, testando a sua consistência (Figura 6).

Figura 6 - Concreto em mistura



Fonte: Autores (2019)

Com o concreto pronto, realizamos a concretagem dos corpos de prova, colocando a primeira camada e aplicando 12 golpes fazendo o adensamento do concreto, em seguida, adicionou-se a segunda camada e aplicou-se mais 12 golpes, e realizando novamente o mesmo procedimento com a terceira camada (Figura 7), por fim foi realizado o arrasamento do molde. Após os corpos de prova serem moldados, foi aguardado 24 horas para o desmolde, para que o concreto adquirisse boa resistência. Após, foi colocado os moldes na água por 26 dias (Figura 8).

Figura 7 - Realização dos golpes água



Fonte: Autores (2019)

Figura 8 - Corpos de prova submersos em água



Fonte: Autores (2019)

Concluindo os 26 dias com os corpos de prova submersos na água, os mesmos foram retirados e descansaram por 24 horas para retirada da umidade. Os ensaios a compressão foram realizados em uma indústria de concreto usinado na cidade de Braço do Norte/SC.

Anteriormente aos rompimentos dos corpos de prova, foi realizado a frisagem dos corpos (Figura 9), com o objetivo de alcançar resultados mais precisos. Por fim, foi realizado os ensaios a compressão em uma prensa hidráulica (figura 10), mostrando os resultados em kg/cm^2 e fazendo a conversão em uma planilha para MPA. Após a realização dos ensaios, os corpos de prova foram descartados na própria empresa.

Figura 9 - Frisagem do corpo de prova **Figura 10** - Realização do ensaio de compressão



Fonte: Autores (2019)



Fonte: Autores (2019)

Resultados e Discussão

Conforme descrito ao longo do trabalho, determinamos 3 (três) traços, em cada traço foi utilizado porcentagens diferentes de material asfáltico (fresado asfáltico). Levando de base alguns artigos referentes a substituição de agregados graúdos e miúdos pelo material fresado asfáltico, tinha-se a convicção que não iria se tratar de um material com uma resistência a compressão confiável, pois este tipo de material afeta bastante no quesito compressão em relação ao concreto.

Com os corpos de prova (CP) em mãos, a equipe se direcionou até a empresa Concretar Concreto Usinado LTDA na cidade de Braço do Norte - SC, para realizar *in loco* o ensaio de compressão dos referidos corpos de prova, conforme mostra a figuras 11 e 12.

Figura 11 - Separação dos corpos de prova



Fonte: Autores (2019)

Figura 12 - Ensaio de compressão



Fonte: Autores (2019)

Todos os corpos de prova que foram moldados no laboratório do campus do UNIBAVE, passaram pelo ensaio de compactação, que consiste em colocar uma camada de concreto e posteriormente efetuar 12 golpes, assim sucessivamente, até completar o corpo de prova. Este processo tem como intuito obter um bom adensamento e tentar minimizar ao máximo o índice de vazios nos corpos de prova.

Após o término dos ensaios, os resultados obtidos com este tipo de material, levando em conta a substituição dos agregados graúdos e miúdos, seguem descritos abaixo.

Consegue-se observar que a trabalhabilidade do concreto teve uma melhora significativa, pois, no adensamento dos corpos de prova, notou-se que utilizando o concreto convencional ele teve uma trabalhabilidade menor, já com a adição do fresado asfáltico ele teve sua trabalhabilidade maior. Já, em relação a resistência

característica do concreto a compressão, notou-se que o concreto convencional tem uma maior resistência em relação ao concreto com adição do fresado asfáltico, também pode-se constatar que a absorção de água é minimizada no concreto com adição do material fresado. Um fator importante que os ensaios apresentaram foi que o concreto apresenta uma menor massa específica com a adição do fresado asfáltico.

Para realizar este experimento e ter uma convicção maior nos números que seriam obtidos, fez-se necessário o uso de alguns procedimentos, dentre eles, a secagem do agregado miúdo para obter um material totalmente seco, para que posteriormente fosse usado uma quantidade de água controlada, tendo assim, um controle maior na execução dos corpos de prova.

Os resultados encontrados no ensaio de resistência característica a compressão não foram os esperados, pois a equipe tinha o pensamento de que iria ter uma resistência mecânica maior. Os valores que foram expostos no texto são as médias do ensaio a compressão, onde foram medidos primeiramente em kgf/cm^2 e posteriormente transformados em MPa, pois foram utilizados 3 (três) corpos de prova para cada tipo de traço.

Os corpos de prova elaborados com traço convencional suportaram uma força média de $7,02 \text{ kgf/cm}^2$ e atingiram uma resistência a compressão média de $8,93 \text{ MPa}$. Já os corpos de prova que consistiam em um traço composto com adição de 10% de fresado asfáltico suportaram uma força média de $6,7 \text{ kgf/cm}^2$, atingindo uma resistência a compressão média de $8,53 \text{ MPa}$. Os CPs feitos com adição de 20% de fresado asfáltico suportaram uma força média de $6,3 \text{ kgf/cm}^2$ até o rompimento, obtendo uma resistência a compressão média de $8,02 \text{ Mpa}$. Por fim, o último traço, provido de uma mistura com 25% de material fresado asfáltico, conseguiu suportar uma média de apenas $5,61 \text{ kgf/cm}^2$, alcançando uma resistência a compressão média de $7,14 \text{ MPa}$ conforme mostra o quadro 5.

Quadro 05 - Tabela de porcentagem de adição do fresado no concreto

FCK	CP 01	MPA CP 01
		0,00
		0,00
25%	5,12	6,52
25%	7,00	8,91
25%	4,71	6,00
20%	5,75	7,32
20%	6,15	7,83
20%	7,01	8,93
10%	4,00	5,09
10%	8,24	10,49
10%	7,88	10,03
C	9,46	12,04
C	4,82	6,14
C	6,78	8,63

Fonte: Autores (2019)

Considerações Finais

Após a conclusão do experimento, obteve-se uma redução significativa na capacidade de resistência mecânica, onde, quanto maior foi substituição do agregado graúdo (brita) pelo material fresado asfáltico, menor foi sua resistência a compressão como mostrado no quadro 05.

Os corpos de prova que foram confeccionados com porções diferentes de fresado asfáltico, foi possível observar que ocorreu rompimento nas seções onde encontravam-se estas porções do material fresado. É possível também notar que absorção de água com a inclusão de fresado asfáltico é beneficiada, pois, o fresado é originado de camadas betuminosas e também contém cimento asfáltico em sua composição. Com uma menor absorção de água é possível observar que obtém-se um ganho significativo na sua trabalhabilidade, permitindo uma melhor aplicação e um melhor acabamento de concreto.

Observa-se que a capacidade de suporte da composição do concreto está diretamente ligada as características dos materiais e sua distribuição granulométrica. Sendo uma das grandes dificuldades encontradas para reutilização do material fresado para determinação da composição, considerando então, que o uso deste material não se torna viável.

Entretanto, sabe-se que o caminho para a aprendizagem depende muito da motivação e da inspiração dos acadêmicos a investirem seu tempo em experimentos, tanto obrigatórios como não obrigatórios, servindo ainda como estímulo para que os discentes sigam no curso e busquem um aprofundamento em disciplinas de seus

interesses. Desta forma, este experimento vem acrescentar ainda mais, conhecimento e aprendizado em nossos estudos, visto que cada passo, se seguido de forma correta, gera um resultado memorável na vida profissional do acadêmico.

Referências

ALBERTON, Roger; CARGNIN, Manuela Mateus de Bona. **Reaproveitamento de material proveniente da fresagem de pavimentação asfáltica para aplicação em camadas de base e sub-base de pavimentos flexíveis**. 2018. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Barriga Verde - Unibave, Orleans, 2018.

BENETTI, Rafael Kirchner. **Traços de concreto convencional com incorporação de aditivo acelerador de pega: ANÁLISE DA RESISTÊNCIA NAS PRIMEIRAS IDADES**. 2007. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Detec – Departamento de Tecnologia, Unijuí - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2007. Disponível em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/tcc-titulos/2007/Traços_de_Concreto_Convencional_com_Incorporacao_de_Aditivo_Acelerador_de_Pega_Analise_da_Resistencia_nas_Primeiras_Idades.pdf>. Acesso em: 25 out. 2019.

COUTINHO, Joana de Sousa. **Agregados para Argamassa e Betão**. Santa Catarina: Materiais de Construção Civil L, 1999. 90 p. Disponível em: <<https://paginas.fe.up.pt/~jcouti/agregpart1.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2019.

CUSTÓDIO, Mayara Moraes. **Agregados e aglomerantes**. Goiás: Pontifícia Universidade Católica de Goiás - Departamento de Engenharia, 2015. 73 p. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17310/material/Apostila%20MACO%20I%20-%20Agregados%20e%20Aglomerantes.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2019.

DUARTE, Matheus Lucas; GODINHO, Daiane dos Santos da Silva. **Comportamento do concreto com substituição do agregado miúdo convencional por agregado miúdo reciclado**. 2015. 22 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unesc – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/4077/1/Matheus%20Lucas%20Duarte.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2019.

DURAN, Ana Paula; FRACARO, Danielly. **Verificação das propriedades básicas do concreto industrializado fornecido em embalagens de 30kg**. 2011. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Ufpr, Curitiba, 2011. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1397/1/CT_TCC_2011_2_01.PDF>. Acesso em: 27 out. 2019.

GOMES, Paulo César Correia et al. Obtenção de concreto leve utilizando agregados reciclados. **Ambient. Constr.**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p.1-18, set. 2015. Mensal. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212015000300031>. Acesso em: 04 set. 2019.

JVR, Martins et al. INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE FRESADO ASFÁLTICO EM CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA UTILIZANDO PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 22., 2018, São Paulo. **Anais...** . São Paulo: Cobeq, 2018. p. 1 - 4. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2018/PT.0811.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2019.

MENDES, Marcos Vinicius Agapito; SILVA, André Carlos; BARBOSA, Diego Henrique Braga Maya. SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO POR MAGNETITA NA COMPOSIÇÃO DO CONCRETO. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 10, n. 19, p.1-11, 06 nov. 2014. Semanal. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/seminario/Substituicao%20do%20agregado.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2019.

MORAES, Mayara Queiroz; LOPES, Rafaela Rocha. **Análise da contribuição de adições de microssilica e nanossilica na resistência à compressão de concretos convencionais**. 2010. 82 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. Disponível em: <https://eec.ufg.br/up/140/o/AN%C3%81LISE_DA_CONTRIBUI%C3%87%C3%83O_DE_ADI%C3%87%C3%95ES_DE_MICROSS%C3%8DLICA_E_NANOSS%C3%8DLICA_NA_RESIST%C3%8ANCIA_%C3%80_COMPRESS%C3%83O_DE_CONCRETOS_CONVENCIONAIS.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

OLIVEIRA, Izelman; ARAÚJO, Janaína. **Agregados e aglomerantes**. Goiás: Pontifícia Universidade Católica de Goiás - Departamento de Engenharia, 2015. 119 p. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/14878/material/Apostila%20agregados%20e%20aglomerantes.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2019.

PAULA, Leonardo Souza. **Utilização de resíduos de eva como agregado graúdo em concretos**. 2011. 51 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2011/Leonardo_Souza_Utilizacao%20de%20Residuos%20de%20EVA%20como%20Agregado%20Graudo%20em%20Concretos.pdf>. Acesso em: 28 out. 2019.

PORTE, Clediomar dos Santos. **Utilização de fresado asfáltico na produção de concreto drenante**. 2017. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Transportes, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2017/TCC_CLEDIOMAR%20DOS%20SANTOS%20PORTE.pdf>. Acesso em: 04 set. 2019.

PRADO, Wesley Severino; RODRIGUES, Pedro Sérgio Hortolani. **Concreto com adição de material fresado asfáltico**. 2017. 18 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unitoledo - Centro Universitário Toledo, Araçatuba, 2017.

Disponível em:

<https://servicos.unitoledo.br/repositorio/bitstream/7574/230/1/Prado_Rodrigues_2017.pdf>. Acesso em: 02 set. 2019.

RUIZ, Adilson Nunes. **Concreto com Fresado Asfáltico aplicado em dispositivos de proteção e drenagem de obras viárias**. 2017. 193 f. Dissertação (Mestrado) -

Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2017. Disponível em: <<http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br:8080/jspui/bitstream/tede/925/2/Adilson%20Nunes%20Ruiz.pdf>>.

Acesso em: 03 set. 2019.

SANTOS, Állan Sousa dos; LEANDRO, Eduardo de Almeida. **Estudo da aplicação de asfalto fresado e resíduo de rocha ornamental como base e sub-base de pavimentos**. 2017. 100 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

SCOBAR, Renan Luna. **Concreto leve estrutural: substituição do agregado graúdo convencional por argila expandida**. 2016. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6892/1/CM_COECI_2016_1_29.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

SILVA, Márcio Dario da. **Estudo comparativo entre a utilização dos concretos convencional e leve nos elementos horizontais das estruturas de edifícios**. 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Curso de Pós-graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003. Disponível em:

<<http://pos.dees.ufmg.br/defesas/181M.PDF>>. Acesso em: 29 out. 2019.

SOUZA, Luiz Humberto de et al. **Avaliação do comportamento do bloco de concreto com adição de fresagem asfáltica**. Uberlândia: Ibeas – Instituto

Brasileiro de Estudos Ambientais, 2014. 5 p. Disponível em:

<<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/III-033.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2019.

VIEIRA, Antônio Daniel Boff et al. UTILIZAÇÃO DE FRESADO ASFÁLTICO COMO SUBSTITUINTE DE AGREGADOS NATURAIS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO PERMEÁVEL PARA UTILIZAÇÃO EM VIAS DE TRÁFEGO LEVE. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 32., 2018, Gramado. **Anais...** . Gramado: Anpet, 2018. p. 1 - 10.