



REVISTA ENGENHARIA DE INTERESSE SOCIAL

Ano 6, N-7, 2021
ISSN: 2525-6041



Endereço postal

Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG

Unidade João Monlevade
Avenida Brasília, 1.304
Bairro Baú - João Monlevade/MG - Brasil
CEP 35.930-314 – Fone: (31) 3859-3200

Contato Principal

Equipe – REIS

Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade João Monlevade
Telefone: (31) 98510-1759
E-mail: revista.engenhariasocial@uemg.br

Contato para Suporte Técnico

Revista Engenharia de Interesse Social

Telefone: (31) 98510-1759
E-mail: revista.engenhariasocial@uemg.br

Equipe Editorial

Editor Chefe

Robson Pereira de Lima, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Conselho Editorial

Andreia Ribeiro Ayres, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Arminda Eugenia Marques Campos, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, SP, Brasil

Geraldo de Souza Ferreira, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil

Ivan Bursztyn, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Lênin dos Santos Pires, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil

Luis Henrique Abegão, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, RJ, Brasil

Marcus Alvarenga Soares, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil

Maurício César Delamaro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, SP, Brasil

Editores Científicos

Sergio Luiz Gusmão Gimenes Romero, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Rafael Otávio Fares Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Flávia Cristina Silveira Braga, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Telma Ellen Drumond Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Editor de Texto

Sergio Luiz Gusmão Gimenes Romero, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Editor Convidado

Glelson Pereira Marques, Universidade do Estado de Minas Gerais, Passos, MG, Brasil

Assessores de Editoração

Renata Janaína do Carmo, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Railton Barros Fonseca, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Comitê de Avaliadores

Adrielle Magalhães, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Afonso de Paula dos Santos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil

Agostinho Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Alan Rodrigues Teixeira Machado, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Alexandre de Barros Teixeira, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Alexsander Saves dos Santos, Universidade Brasil, Brasil

Aline Ferreira Antunes, Universidade Federal de Goiás, Brasil

Ana Maria Moreira Batista, UEMG- Universidade do Estado de Minas Gerais

Andrea Patrícia Vargas Niño, Universidad de Cundinamarca, Colômbia

Andreia Ribeiro Ayres, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Breno Eustáquio da Silva, Universidade do Estado de Minas Gerais Faculdade Doctum de João Monlevade, Brasil

Bruno Galvão, Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, Brasil

Bruno Perozzi, Programa de Pós-graduação em Ciências Sociais, Brasil

Cassiano S. Rosa, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil

Cecilia Silva Monnerat, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade

Daniele Cristina Gonçalves, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil, Brasil

Diana Darlen Soares Cangussú, Universidade do Estado de Minas Gerais/Docente no Departamento de Engenharia Aplicada e Tecnologias Ambientais

Evaneide Nascimento Lima, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Fabricio Rainha Ribeiro, Faculdade Vértice – Univértix, Matipó, MG, Brasil

Fernanda Tátia Cruz, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Fernanda Tavares Barcelos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Flávia Cristina Silveira Braga, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Flávia Martins Pantuza, Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

Gabriela Braga Fonseca, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Gleicia Miranda Paulino, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Gracielle Antunes Araújo, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Graziela Fátima Pereira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Hygor Aristides Victor Rossini, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Ícaro Trindade Carvalho, Rede Doctum de Ensino, Brasil

Isac Jonatas Brandão, Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu, Manhuaçu, MG, Brasil

Jônatas Franco Campos da Mata, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

José Alves Ferreira Neto, Universidade do Estado de Minas Gerais - João Monlevade, MG, Brasil, Brasil

Júnia Soares Alexandrino, Universidade do Estado de Minas Gerais - João Monlevade, MG, Brasil

Juscelina Rosiane Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Jussara Aparecida de Oliveira Cotta, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Kátia Andréa Carvalhaes Pêgo, Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

Kelly Cristina Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Ladir Antonio Silva Junior, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Laura de Souza Cota Carvalho Silva Pinto, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Lucília Alves Linhares Machado, Universidade Federal de Ouro Preto - Campus João Monlevade, Brasil

Luiza Bedê, Professora de Linguística e Língua Portuguesa do Centro Universitário Municipal de Franca

Maísa Comar Pinhotti Aguiar, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Marcelo Silva Pinto, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Marcus Alvarenga Soares, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil

Maria de Lourdes de Almeida Silva, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil

Maurício César Delamaro, UNESP, Guaratinguetá, SP, Brasil

Michel Fábio Moreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

Rafael Otávio Fares Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Rafael Vital Januzzi, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Renata dos Santos, Universidade Federal de Itajubá - Campus Theodomiro Carneiro Santiago, Brasil

Rieder de Oliveira Neto, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Rita de Cássia Mendes, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Robson Pereira de Lima, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Roney Eduardo Lino, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Rubem Geraldo Vasconcelos Machado, Rede de Ensino Doctum, João Monlevade, MG, Brasil

Rudinei Martins de Oliveira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Savio Correa, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, MG, Brasil

Sergio Luiz Gusmão Gimenes Romero, Universidade Do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Shisley Ramos Barcelos, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Silmara Garcia, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Sofia Luiza Brito, Universidade do Estado de Minas Gerais, Ubá, MG, Brasil

Tamara Daiane Souza, Universidade Federal de Ouro Preto, MG, Brasil

Tatiana Deane, Agência Nacional do Cinema, Brasil

Telma Ellen Drumond Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

Wagner Ragi Curi Filho, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

SUMÁRIO

Editorial

Você tem fome de quê? Você tem sede de quê?vii

Entrevistas

As tecnologias não são neutras: por uma tecnologia participativa e emancipadora —
Entrevista com Wagner Ragi Curi Filho 1

Artigos

Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo João Monlevade10

Percepções e formação de acadêmicos em Engenharia Civil sobre risco e sua gestão29

Resistência à compressão de concretos com agregados reciclados provenientes de
construção e demolição: revisão de literatura51

Desenvolvimento de um protótipo de trocador de calor casco e tubo para aquecimento de
caldo decantado75

Influência da textura e mineralogia na determinação da umidade de solos utilizando micro-
ondas.....90

Análise da operação de sedimentação em fermentação alcoólica 102



Editorial

Você tem fome de quê? Você tem sede de quê?

Nos últimos anos tem se tornado evidente a crescente escassez de chuvas no território brasileiro, em especial, nas regiões Sul e Sudeste. Mas, além dos níveis preocupantes dos nossos reservatórios, passamos a nos preocupar também com diferentes tipos de escassez, de sensatez, de planejamento, de transparência, de tolerância, de cordialidade e, mais recentemente, de vacinas!

É isso mesmo! O Brasil que foi uma referência mundial em campanhas de vacinação agora se encontra atolado na lama que encontramos no fundo dos reservatórios! Mas, será isso fruto somente da incompetência e do negacionismo!?

Há também um tipo de escassez que está diretamente relacionada com a [Revista Engenharia de Interesse Social – REIS](#), refiro-me a escassez de mecanismos de divulgação de trabalhos acadêmicos e científicos que não estejam submissos ao mercado editorial.

Você tem fome de quê? A REIS tem fome de textos capazes de traduzir o rico universo de conhecimento acadêmico e científico em conhecimentos que potencializem ações em prol de uma sociedade que demanda atenção e respeito. E, dessa maneira, a REIS se coloca à disposição das ações de potencialização e enriquecimento das **Tecnologias Sociais** tão bem abordadas na entrevista do professor Wagner Ragi Curi Filho concedida e publicada neste número com o título **As tecnologias não são neutras: por uma tecnologia participativa e emancipadora**.

Você tem sede de quê? A REIS é sedenta por um intercâmbio de saberes de diferentes origens e diferentes campos do conhecimento. Os textos publicados neste número da REIS saciam parcialmente a nossa sede.

Em grande sintonia com uma perspectiva de desenvolvimento das Tecnologias Sociais, o artigo **Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo João Monlevade** – aponta para um cenário rico de atuação de engenheiros em formação. Essa riqueza se constitui de vivências de um intercâmbio de conhecimentos que certamente proporcionam aos estudantes uma formação técnica mas, também, ética e humanizada.

Ressaltando a constante preocupação dos resultados das ações da Engenharia Civil, o artigo **Percepções e formação de acadêmicos em Engenharia Civil sobre risco e sua gestão** proporciona ao leitor uma boa reflexão sobre a formação de profissionais para a construção civil que é um dos campos mais antigos de atuação do homem.

De maneira complementar, o artigo **Resistência à compressão de concretos com agregados reciclados provenientes de construção e demolição: revisão de**

literatura permite-nos refletir sobre as ações da indústria da construção que, como em todos os setores da indústria, procura aprimorar os seus processos produtivos por meio de materiais inovadores que têm em sua base resíduos provenientes de suas atividades ou de outros setores, contribuindo assim para uma produção sustentável.

Já o artigo **Desenvolvimento de um protótipo de trocador de calor casco e tubo para aquecimento de caldo decantado** aborda um aspecto técnico do campo da Engenharia Metalúrgica de grande importância para aqueles que têm interesses nas inovações nesse campo.

Explorando possibilidades inovadoras para análises de solos que são de grande importância para a agricultura, o artigo **Influência da textura e mineralogia na determinação da umidade de solos utilizando micro-ondas** apresenta uma análise comparativa que resulta em uma possibilidade de se agilizar o teste de umidade de Latossolos.

Por meio do artigo **Análise da operação de sedimentação em fermentação alcoólica** o leitor poderá notar como a vinicultura também tem se enriquecido com os aprimoramentos e as inovações subsidiados por estudos acadêmicos e científicos proporcionando, assim, processos e produtos de melhor qualidade que atendam às expectativas dos produtores e dos apreciadores de um bom vinho.

Assim, estimado leitor, tornamos de domínio público mais um número da **Revista Engenharia de Interesse Social** para que possamos fortalecer e enriquecer o nosso diálogo com a sociedade civil.

Tenham todos uma leitura sadia!

Robson Pereira de Lima



As tecnologias não são neutras: por uma tecnologia participativa e emancipadora

Entrevista com Wagner Ragi Curi Filho sobre a criação da Associação Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão em Tecnologias Sociais – ABEPETS¹

Júlia Granja F. Pereira²

Robson Pereira de Lima³

Sérgio Luiz Gusmão Gimenes Romero⁴

Wagner Ragi Curi Filho é doutor em Administração de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas – FGV/SP. Possui graduação e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. É professor, pesquisador e, atualmente, coordenador do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Campus de João Monlevade/MG. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, atuando em temas variados, tais como: índices de desempenho, competências e gestão de serviços; organização do trabalho; economia solidária; tecnologia social; autogestão nas relações de trabalho; e avaliação dos impactos sociais de universidades. O pesquisador integra, ainda, o grupo responsável pela proposta de construção, em âmbito nacional, de uma organização de pesquisa, ensino e extensão com foco em Tecnologia Social. E-mail: wagner@ufop.edu.br.

¹A entrevista foi realizada por videoconferência no dia 7 de junho de 2021, sendo posteriormente transcrita.

²Graduanda em Engenharia de Minas pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: julia.0693338@discente.uemg.br.

³Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Federal Fluminense – UFF. Mestre e também Doutor pelo Programa de Engenharia de Produção – PEP da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, com ênfase em Gestão e Inovação. É professor e pesquisador da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade de João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: robsonpep@gmail.com.

⁴Graduado em Letras e Mestre em Estudos Literários pela Faculdade de Ciências e Letras da UNESP, Campus Araraquara. Doutorando em Letras pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. É professor e pesquisador da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: sergio.romero@uemg.br.

Como e por que surgiu a iniciativa de criação da Associação Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão em Tecnologias Sociais – ABEPETS?

Embora seja uma ideia antiga, alimentada por diferentes pessoas que trabalham com tecnologia social, a iniciativa foi impulsionada pela publicação de um edital do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ em 2018⁵. A partir desse edital, tanto coordenadores quanto outros pesquisadores que não estavam com projetos dedicados à tecnologia social aprovados no CNPQ começaram a se reunir para debater assuntos relacionados à temática, assim como deliberar sobre a própria chamada do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e também sobre próximos editais.

A partir desse debate mais amplo acerca da Tecnologia Social — que envolvia pesquisadores, professores e pessoas diversas engajadas na temática, assim como grupos e redes variados, tais como Rede de Extensão Tecnológica Popular (RETEP) e a Rede de Engenharia Popular Oswaldo Sevá – REPOS — originou-se um grupo menor com inquietações mais específicas relacionadas à uma possível Associação de Tecnologia Social. Esse grupo estava especialmente interessado em aprofundar o debate sobre a Tecnologia Social, especialmente em termos de marco teórico, conceituação e relações com políticas públicas.

Os integrantes desse grupo entenderam que um caminho para melhorar os posicionamentos, os conceitos etc., seria construir uma associação, uma rede ou uma organização em volta do tema Tecnologia Social. Redigiu-se, assim, uma carta inicial, publicizada para o máximo de pessoas envolvidas com a questão; é a partir desse documento que teve início a construção da Associação Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão em Tecnologias Sociais – ABEPETS, cujo nome, todavia, permanece provisório. Desde o segundo semestre de 2020, o processo vem ganhando contornos mais concretos, por meio da mobilização de pessoas do país todo e da realização de encontros e reuniões periódicas de forma *on-line*.

⁵Trata-se da Chamada CNPq/MCTIC/MDS n°. 36/2018 - TECNOLOGIA SOCIAL, para a qual foram enviadas 609 propostas, tendo sido aprovados 60 projetos, com um valor total de cerca de R\$ 5 milhões investidos.

Podemos reconhecer as Tecnologias Sociais como algum tipo de inovação no campo das tecnologias? Quais são os elementos comuns e as divergências que podemos identificar entre tecnologias sociais e tecnologias tradicionais abordadas nas engenharias?

Na verdade, a tecnologia social não está presente apenas dentro das engenharias. Talvez o fenômeno da associação apresente uma participação mais expressiva de engenheiros, mas a tecnologia social em si não está somente nessa área; não podemos restringi-la apenas à engenharia, pois existem diversos profissionais de outras áreas do conhecimento trabalhando com T.S. É importante ressaltar a presença, na Tecnologia Social, da interdisciplinaridade e da multidisciplinaridade; por mais que o grupo inicial da ABEPETS seja composto por muitos engenheiros, esse debate está longe de ser limitado a essa área.

Enfim, a tecnologia social tem algumas características bem diferentes das tecnologias convencionais — embora estas possam até chegar ao mesmo objetivo daquelas —; elas se diferenciam muito pela construção do processo. Porque o objetivo da tecnologia social é constituir um processo de produção de tecnologia participativo, enquanto as tecnologias convencionais não trabalham com essa perspectiva. Pelo contrário, normalmente as tecnologias convencionais são processos mais alienantes e acabam limitando as pessoas a uma preocupação em relação ao uso, sem considerar as consequências ou a construção da tecnologia. Já a tecnologia social surgiu como uma alternativa, para que se tenha um processo de construção de tecnologias que apresentem resultados em termos de impacto no bem-estar social das pessoas que farão uso; mas a partir de uma construção participativa especialmente não alienante, em que as pessoas entendam todos os contextos e fatores que estão implicados na construção e no uso daquela tecnologia.

Então podemos afirmar que as tecnologias sociais tem um caráter político?

Tudo tem um caráter político, mas, para todos que trabalham com Tecnologia Social, fica mais evidente o conceito da *não neutralidade da tecnologia*; algo que às vezes, as pessoas que atuam com perspectivas técnicas e tecnicistas não colocam em destaque. Para nós, é muito claro que as tecnologias não são neutras e que qualquer decisão tecnológica não é absolutamente técnica; por trás, elas apresentam um aspecto político-ideológico no que diz respeito às consequências do uso e da construção dessa tecnologia.

Nesse sentido, as tecnologias sociais assim como as convencionais possuem aspectos político-ideológicos. Pois as tecnologias convencionais tendem e querem ser vendidas como técnicas, mas nós sabemos que elas apresentam consequências político-ideológicas tanto quanto as tecnologias sociais; porém, elas não reconhecem esse processo e essa condição. Na construção do processo da Tecnologia Social, reconhecemos que o desenvolvimento da tecnologia assim como seu uso não são neutros, pois há consequências sociais em cada escolha metodológica e tecnológica.

De que forma a Tecnologia Social pode contribuir com a educação superior, especialmente no que diz respeito aos cursos de formação em engenharias entre outros com forte viés tecnológico?

A educação perpassa todos os aspectos da Tecnologia Social porque propõe uma construção participativa, o que, entre outras coisas, combate os processos que são alienantes e meramente tecnicistas. Então, durante todo processo da construção da Tecnologia Social, a educação está presente.

Em relação aos processos de formação, principalmente nos cursos superiores, a preparação para o mercado de trabalho é uma realidade e um dos focos da associação é trazer outro debate para dentro da academia, com enfoque na não neutralidade da tecnologia, o que muitas vezes é deixado de lado. Apesar de alguns cursos inserirem, em suas estruturas curriculares, disciplinas de “Ciências, tecnologia e sociedade”, isso é ainda muito incipiente e ineficaz em relação à profundidade necessária para esse debate. É essa importância que a ABEPETS quer promover no que diz respeito à temática da Tecnologia Social.

Agora, não podemos deixar de entender que os estudantes têm suas vidas e que a dinâmica do capital está e estará presente. Assim, após sua formação, eles geralmente procurarão empregos em organizações que trabalham com tecnologias convencionais. Eu acredito que o processo de formação deve fazer com que esses profissionais cheguem a essas empresas cientes do que é a tecnologia convencional e de que ela apresenta consequências sociais em cada decisão técnica que é tomada. Independentemente de o profissional trabalhar em uma organização que visa o lucro e utilize tecnologias convencionais, o que queremos evitar é que a pessoa chegue ali sem a ciência e a reflexão de que aquele papel que será por ela desempenhado envolverá a tomada de decisões com consequências sociais e ambientais.

Portanto, um dos objetivos é contribuir para que os estudantes tenham uma formação honesta e conheçam as responsabilidades da sua profissão. Essa é uma meta importante dentro de uma lógica em que sabemos que muitos egressos trabalharão com tecnologias convencionais, mas que essa atuação pode ser equilibrada com uma reflexão oriunda da Tecnologia Social. Por mais que seja um debate complexo, acredito que a associação pode fazer essa interlocução por meio dos projetos pedagógicos dos cursos, das associações de educação e dos conselhos profissionais por exemplo.

Na sua análise, as ações extensionistas têm contribuído ou apresentam potencial para contribuir no enriquecimento das Tecnologias Sociais?

Eu acredito que a maioria das ações extensionistas contribuem ou apresentam potencial para contribuir no desenvolvimento das tecnologias sociais. O processo de curricularização da extensão⁶ — embora possa produzir resultados muito divergentes — é uma oportunidade de construção de formações que pensem mais nas tecnologias sociais. Além disso, a dimensão extensionista já se encontra no bojo do processo de construção da ABEPETS, não é à toa que a noção de “extensão” está presente nesse primeiro nome proposto: Associação Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão em Tecnologias Sociais. Nesse sentido, pensamos que, embora esse debate seja também acadêmico, ele não é unicamente acadêmico, mas abrange vários aspectos das relações com políticas públicas, movimentos sociais etc. Sendo assim, as ações extensionistas tem um papel muito importante no sentido de contribuir com uma formação que enxergue o papel dos indivíduos da sociedade na construção de tecnologias sociais.

Quais seriam os principais atores no processo de desenvolvimento das Tecnologias Sociais?

É complexo definir quais são os atores principais, tendo em vista que todos apresentam um papel e podem contribuir de maneira sinérgica na construção da Tecnologia Social. Além disso, é importante ressaltar tanto o papel da academia quanto o papel dos movimentos sociais, dos grupos comunitários, como os quilombolas, que desenvolvem a tecnologia

⁶A chamada “curricularização da extensão”, ou creditação curricular da extensão, visa a adequação dos Projetos Pedagógicos de Curso (PPC), a fim de garantir uma porcentagem mínima da carga horária dos cursos destinada às atividades de extensão. Está prevista no Plano Nacional de Educação (PNE) e foi regulamentada pela Resolução nº 7 MEC/CNE/CES, de 18 de dezembro de 2018.

específica para suas necessidades. Ou seja, o protagonismo é de quem produz a tecnologia de uma forma participativa com foco na resolução de problemas sociais de pequenos, médios ou grandes grupos.

Além das Engenharias, quais campos de formação podem contribuir para o desenvolvimento das Tecnologias Sociais?

O grupo que está se reunindo para a construção da ABEPETS conta com profissionais de áreas muito diversas, como, por exemplo, oceanografia, terapia ocupacional, economia, psicologia, saúde, administração, contabilidade. Trata-se de um conjunto muito diversificado e longe de ser limitado apenas às engenharias ou às áreas chamadas técnicas. A construção da Tecnologia Social, para ser um processo participativo, requer a multidisciplinaridade, isto é, a participação de diversas áreas em uma produção de tecnologias que seja participativa, não alienante e que tenha um viés de solução de problemas sociais.

Como a Associação Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão em Tecnologias Sociais – ABEPETS pretende construir um diálogo com a sociedade civil organizada?

Na verdade, já existem algumas pessoas, dentro desse processo de organização da ABEPETS, que não fazem parte do mundo acadêmico. Além disso, é preciso pensar em estruturas de comunicação, de debate, de políticas públicas, de interlocução com governos e com movimentos sociais. Para exemplificar, existe uma ideia, ainda um pouco embrionária, de criação de um conselho não acadêmico dentro da estrutura organizacional da ABEPETS. Essa é uma possibilidade entre as propostas que vem surgindo nos debates que temos realizado e que ainda estão sendo pensadas.

Temos considerado também outras possibilidades para a inclusão da sociedade civil. Isso poderá ser efetivado por meio da participação em eventos abertos à comunidade como um todo, assim como pela construção de políticas-públicas por meio de propostas apresentadas aos entes governamentais. Essas são algumas das alternativas para alcançar outro público além daqueles oriundos das universidades e das instituições de ensino e pesquisa em geral.

Em uma sociedade em que o desenvolvimento tecnológico está hegemonicamente vinculado aos interesses do capital, como é possível fazer da tecnologia um instrumento de emancipação das classes populares?

As tecnologias sociais são produções que podem ser consideradas como *bottom-up*, de baixo para cima, uma vez que propõem uma construção mais coletiva, mais participativa. Elas têm por objetivo promover a emancipação de grupos sociais em relação à dependência da tecnologia convencional, que normalmente é explorada pelo capital em termos de lucro. Obviamente, não se trata de abandonar o uso das tecnologias convencionais; mas, quando se produz tecnologia social, desenvolve-se também uma outra perspectiva de utilização e de construção. E é exatamente esse o nosso objetivo: fazer com que os indivíduos consigam, em algum grau, essa emancipação em relação à dependência da tecnologia convencional capitalista cuja finalidade é lucrar.

Por outro lado, ainda é um desafio a inclusão de pessoas de fora da esfera acadêmica no processo de construção da ABEPETS. Reconhecemos que a iniciativa da associação parte de um grupo que está, majoritariamente, vinculado a alguma instituição de ensino e pesquisa e, apesar de hoje contarmos com pessoas que não fazem parte desse meio, elas ainda são uma minoria. Então, apesar da dinâmica de constituição da associação ter se originado no campo acadêmico, nós conseguimos alcançar algumas pessoas de outros setores da sociedade por meio da carta inicial que redigimos para publicizar o convite à formação da ABEPETS. À medida que a associação está sendo construída, nós queremos ampliar esse debate.

Agora, a associação também possui uma finalidade acadêmica. Na verdade, ela tem o intuito de posicionar o campo de estudos da Tecnologia Social; e tem um objetivo político de posicionar esse campo diante de outros campos de estudos; assim como de se colocar frente à estruturação de políticas públicas que venham a ser implantadas pelo Estado.

E quanto ao desafio de trazer pessoas de fora da academia para o processo de construção da associação, há dois aspectos diferentes a serem considerados. Uma questão é a produção de tecnologias sociais; outra, é a constituição da ABEPETS. Independentemente do desafio em relação a esta última, nada impede que as construções das tecnologias sociais sejam mais participativas. E esse aspecto tem sido buscado constantemente por todos que trabalham com Tecnologia Social e que têm feito parte da elaboração da associação.

As Tecnologias Sociais podem se materializar em que tipo de intervenção?

Independentemente de qual categoria de tecnologia estamos abordando, convencional ou social, e apesar de, no senso comum, a palavra tecnologia remeter, na maioria das vezes, ao uso da tecnologia da informação, ela é, na verdade, um meio de se organizar um processo a partir do conhecimento que temos do contexto em que ele se insere. Essa é uma conceituação diferente de tecnologia; mas, em geral, temos definições diversas segundo sua aplicabilidade.

As tecnologias sociais também podem utilizar a *internet* entre outros fatores relacionados à tecnologia da informação, como, por exemplo, sites colaborativos de venda, sistemas colaborativos de gestão da qualidade em cooperativas; ou podem também ser sistemas mais mecânicos, como moinhos que fazem beneficiamento de produtos agrícolas; ou máquinas de produtos agrícolas produzidas colaborativamente. A T.S. pode também dizer respeito a tecnologias de processos, intervindo diretamente na organização da produção de maneira mais participativa e que, ao mesmo tempo, promova uma melhoria do trabalho e do bem-estar coletivo.

O campo das T.S. se propõe a pensar alternativas tecnológicas que se mostrem mais sustentáveis e ecológicas. Como conciliar essa perspectiva com o estabelecimento de parcerias com empresas e grandes companhias que, em sua atuação, frequentemente se mostram extremamente negligentes e maléficas do ponto de vista ambiental?

A questão é bastante complexa, mas acredito que a associação também tem esse papel. Talvez essa seja uma das principais motivações para agrupar essas pessoas em torno de uma organização, já que acreditamos na força da rede de colaboração. Nesse sentido, acreditamos que a viabilização de projetos com características sustentáveis e de desenvolvimento de tecnologias sociais, sem a dependência do capital, tem de vir do financiamento público. E a organização tem uma maior capacidade de desempenhar um papel de interlocução com as entidades públicas, com os órgãos de fomento de pesquisa e de extensão, com ministérios etc. Nós sabemos que, na medida em que vamos produzindo pesquisa dependendo do capital privado, vai se tornando, cada vez mais difícil, desenvolver os trabalhos de forma independente. A ABEPETS pode contribuir no fomento de um debate que questione as consequências dessa condição de dependência do capital privado.

Esse também é um debate que as universidades devem fazer dentro dos seus órgãos colegiados. É necessário refletir sobre o quanto essas instituições querem ou não a interferência das empresas privadas. Essa é uma discussão um tanto quanto difícil porque há posições muito divergentes dentro das próprias comunidades acadêmicas, em função dos interesses distintos que mobilizam pesquisadores, empresas, estudantes etc. Por exemplo, alguns estudantes podem questionar ou até mesmo não se conformar com o fato de a instituição não estabelecer parcerias com determinada empresa, na qual o próprio graduando visa trabalhar futuramente, porque essa empresa exige que as pesquisas sejam limitadas ao seu próprio benefício e nós não gostaríamos que as universidades tivessem esse papel.

Na sua opinião, quais são os maiores desafios para o desenvolvimento da ABEPETS?

Os desafios são muitos e em várias frentes diferentes. Há o desafio da aproximação com a comunidade fora da academia; o de manter a estruturação da organização, porque são trabalhos voluntários; o de conseguir definir os conceitos devido a serem muitas correntes e vertentes distintas entendidas por diferentes pessoas; e depois há o desafio da própria atuação da associação, no sentido de ela se mostrar capaz de construir respostas para as questões que ela se propõe a enfrentar. Assim, a ABEPETS buscará o desenvolvimento de tecnologias sociais, a articulação com políticas públicas, a consolidação da T.S. enquanto campo acadêmico, assim como a aproximação em relação aos movimentos sociais. Trata-se de uma série de desafios que não são pequenos, mas temos ciência de que se trata de um processo de longo prazo.



Engenheiros sem Fronteiras – Núcleo João Monlevade

Raíssa Miranda Costa¹

Thayná Nunes Borges²

Hebert Medeiros Gontijo³

RESUMO

O Engenheiros Sem Fronteiras - Núcleo João Monlevade, de caráter extensionista e sem fins lucrativos, tem como objetivo, através da engenharia social, ajudar as comunidades, melhorando a qualidade de vida através da implantação de projetos. Junto a isso, é desenvolvido o perfil do engenheiro consciente, tanto com as questões ambientais, quanto com as sociais. Foram desenvolvidas atividades na Fundação Municipal Crê-Ser, durante o ano de 2018, e o projeto “Aprendendo a Transformar”, em 2019; ambos na cidade de João Monlevade-MG. Os projetos têm gerado bons resultados e alcançado diversas pessoas, entre elas, alunos e funcionários da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG João Monlevade, e também pessoas das comunidades envolvidas.

Palavras-chave: Engenharia Social. Qualidade de Vida. Consciência Ambiental.

¹Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade. Mestranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, MG, Brasil. E-mail: mirandaraissa@hotmail.com.

²Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: thaynanunes.senior@gmail.com.

³Graduado em Engenharia Industrial Mecânica pela Fundação Universidade de Itaúna – FUIT. Mestre em Desenvolvimento Sustentável e Extensão pela Universidade Federal de Lavras – UFLA e Doutorando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Atualmente é professor e pesquisador da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: hebert.gontijo@uemg.br.

Engineers without Borders - João Monlevade Center

ABSTRACT

The “Engenheiros Sem Fronteiras” - João Monlevade Nucleus extensive and nonprofit aims through social engineering helps communities to improve the quality of life through the implementation of projects. Along with this the profile of the conscious engineer is developed both with environmental and social issues. Activities were carried out at the “Fundação Crê-Ser” during 2018, and the project “Learning to Transform”, in 2019, both in the city of João Monlevade-MG. The projects had good results and reached several people, among them, students and employees of the University of Minas Gerais - UEMG João Monlevade, as well as people from the communities involved.

Keywords: *Social Engineering. Quality of Life. Environmental Awareness.*

Artigo recebido em: 21/04/2020

Aceito em: 21/08/2020

1. INTRODUÇÃO

O Engenheiros Sem Fronteiras - ESF é uma organização sem fins lucrativos com alcance internacional, contando com diversos núcleos e parcerias por todo o mundo. Tem como meta o desenvolvimento da *Engenharia Social*, concepção segundo a qual o envolvimento da comunidade bem como a cooperação mútua e o diálogo são fatores extremamente importantes dentro da realidade da organização (ESF BRASIL, 2019).

O primeiro grupo denominado Engenheiros Sem Fronteiras surgiu na França, por volta de 1980, espalhando-se, posteriormente, pelo globo. Formou-se, assim, uma rede unificada, a qual incentiva universitários a serem mais atuantes nas causas sociais e ambientais que hoje atingem o cenário mundial. Dentre os núcleos existentes, 64 se encontram no Brasil, espalhados por 16 estados e em contato direto com os demais núcleos internacionais (ESF BRASIL, 2019).

Em João Monlevade, o ESF foi fundado primeiramente em 2014, porém não foi dada continuidade ao projeto. Entretanto, em 2018, o núcleo foi recriado com uma nova gestão. Os projetos na cidade foram inicialmente desenvolvidos pelos estudantes dos cursos de Engenharia da Universidade do Estado de Minas Gerais, sendo ampliados atualmente para os estudantes de Engenharia da Universidade Federal de Ouro Preto, Campus João Monlevade, e da Faculdade DOCTUM. Hoje conta também com um banco de dados com voluntários da comunidade e ex-membros.

Para desenvolver este trabalho, serão apresentadas as atividades realizadas nas dependências da Fundação Crê-Ser, no município de João Monlevade, uma instituição filantrópica voltada ao público carente, durante o ano de 2018. Igualmente, serão expostas as ações do projeto “Aprendendo a Transformar”, realizado em parceria com a Escola Estadual Luís Prisco de Braga, também localizada na referida cidade, durante o ano de 2019. Essas atividades se caracterizam como as principais realizadas pelo ESF núcleo João Monlevade até agora, com maior impacto entre os envolvidos na execução e atingindo expressivo número de pessoas das comunidades.

As atividades realizadas na Fundação Crê-Ser foram: BioEduca (Educação Ambiental), Horta Ecológica e a Reforma da Cozinha, projetos que tiveram como objetivo desenvolver obras de engenharia para melhorar a estrutura do local de maneira a receber melhor seus alunos. Realizaram-se também atividades voltadas à Educação Ambiental, ligadas diretamente à formação do cidadão, motivando mudanças de atitudes entre as

crianças e jovens participantes, já que, segundo Gifford (2005), a relação que envolve pessoa-ambiente parte da premissa de que, ao alterar o meio ambiente, o ser humano tem seu comportamento e experiência também modificados.

Assim, entende-se que, na busca por uma relação sustentável com o meio, é imperativa a mudança no modo de agir e pensar, adotando-se comportamentos que visam mitigar os efeitos que a degradação ambiental causa, tendo em vista o desejado estilo de vida sustentável (NASCIMENTO, 2012), em que os recursos da natureza são utilizados dentro da capacidade suporte de carga do sistema (VAN BELLEN, 2004). A capacidade suporte de um sistema está diretamente ligada ao modo de consumo da sociedade, a forma como se utilizam os recursos naturais de maneira desenfreada e, também, a intensidade com que isso ocorre, a qual, por sua vez, pode estar ligada ao quantitativo demográfico da região (MACHADO, 1999).

Já o projeto “Aprendendo a Transformar” buscou desenvolver, junto aos estudantes do ensino médio de diversas escolas em João Monlevade, a percepção da necessidade de transformação de atitudes mais voltadas para o social e o ambiental, tendo como referência as questões que levaram ao rompimento da barragem de rejeitos de mineração em Brumadinho – MG e seus impactos sociais e ambientais.

Por sua relevância social, este trabalho poderá ser utilizado como referência e inspiração para demais organizações que, assim como o ESF – João Monlevade, têm como objetivo sensibilizar a comunidade em geral acerca das questões ambientais, bem como implantar a ideia de que é possível ter uma vida de qualidade e com sustentabilidade, preocupando-se com o futuro das próximas gerações.

2. METODOLOGIA

O primeiro passo para a construção do núcleo do ESF- João Monlevade se deu por meio da formação de sua equipe inicial, composta por um diretor geral, um vice-diretor e quatro secretários, com o auxílio do professor orientador do projeto, seguindo os critérios de formação do Engenheiros Sem Fronteiras Brasil. Posteriormente, foi realizado um processo seletivo na Universidade, que selecionou os primeiros membros efetivos, com a finalidade de se prosseguir com as primeiras ações extensionistas do grupo. Assim, formada a primeira equipe, procedeu-se ao envio da documentação necessária ao ESF-Brasil para que o núcleo

se consolidasse como parte da instituição nacional e, após o período probatório, o ESF João Monlevade se tornou um núcleo legalmente associado.

Criado o núcleo, o segundo passo foi definir as ações e os projetos a serem desenvolvidos. Eles foram escolhidos em conjunto, considerando o diálogo para sua análise e execução. Foram realizadas também pesquisas bibliográficas de novas tecnologias sustentáveis, através de plataformas como Scopus e SciELO; escolhidas estas devido a uma maior familiaridade dos projetistas. Definiu-se como base os autores Macial e Ritter (2005), Ghini e Bettiol (2000), Borba, Vargas e Wizniewsky (2013), que, juntamente com a técnica da engenharia adquirida na Universidade, forneceram as diretrizes para as primeiras atividades do grupo.

2.1 Fundação Municipal Crê-Ser

O projeto teve início com a escolha da Fundação Municipal Crê-Ser de João Monlevade para ser a instituição alvo do projeto durante o ano de 2018. Essa fundação se caracteriza como uma entidade beneficente sem fins lucrativos e tem o objetivo de manter crianças e adolescentes carentes, que estejam em risco pessoal e social, longe dos perigos das ruas, além de lhes proporcionar educação e formação cidadã.

Em seguida, foi realizada uma reunião com a diretora da Fundação Crê-Ser, a fim de se verificar a viabilidade de implantação dos projetos no local. Inicialmente, foi implantado o projeto Bioeduca, que tinha como objetivo sensibilizar e conscientizar os alunos dos anos iniciais do ensino fundamental da Fundação Crê-Ser (João Monlevade) sobre a importância da preservação do meio ambiente, ampliando suas concepções sobre sustentabilidade através da prática e, de maneira lúdica e interativa, sobre formas de se preservar o meio ambiente.

Dessa maneira, a determinação das datas específicas, bem como a quantidade total de encontros, ocorreu em conformidade com o calendário da instituição, de modo a não o comprometer, ficando estabelecidos 7 encontros com os alunos ao total, sendo um encontro por mês, toda segunda quarta-feira do mês, a partir de junho de 2018.

Durante os encontros, foram trabalhados os seguintes temas, respectivamente:

- **Encontro 1** - “Dia Mundial do Meio Ambiente”;
- **Encontros 2 e 3** - Resíduos sólidos, os 5R’s e a importância da destinação final adequada;

- **Encontro 4** - “Dia da Árvore” e oficina de pinturas;
- **Encontro 5** - Preservação da vegetação, plantio e germinação de sementes;
- **Encontros 6 e 7** - a equipe do projeto relembrou todas as temáticas trabalhadas e realizou o encerramento do projeto.

Os temas dos encontros foram definidos a partir de uma avaliação junto à direção da escola sobre as principais necessidades do meio escolar, assim como os aspectos que necessitavam ser reforçados com as crianças, tais como excesso de sujeira no chão do pátio, preservação do ambiente escolar, uso consciente da água, dentre outros. Dessa forma, a temática ambiental foi definida como o pilar principal, com palestras, dinâmicas e atividades práticas visando o conhecimento sobre a preservação.

A partir da definição do tema e do foco na Educação Ambiental Infantil, realizaram-se pesquisas bibliográficas com a finalidade de validar a importância do tema e programar as atividades aplicadas na Fundação de forma que elas fossem capazes de despertar nas crianças o interesse sobre o meio ambiente bem como de estimular o senso crítico, o cuidado com a natureza e a criatividade.

A partir dessa pesquisa foi possível concluir que a Educação Ambiental Infantil deve fazer parte do compromisso da escola, uma vez que esta, além de passar conceitos e fórmulas, deve trabalhar também na formação de valores e atitudes que visem favorecer a adoção de hábitos e comportamentos benéficos à natureza. Com efeito, a Educação Infantil é o espaço em que a gestão ambiental e o respeito para com o meio e a biodiversidade começam a fazer parte da formação dos pequenos (GRZEBIELUK; KUBIAK E SCHILLER, 2014).

Dessa mesma forma, Rodrigues (2011) defende que é durante essa formação inicial que as crianças estão construindo seu mundo, sendo então essencial que a Educação Ambiental crítica já seja parte de sua realidade. Isso permitirá que a criança crie e se expresse através desses valores, ampliando suas relações e sua visão do mundo.

O segundo projeto implantado na Fundação Crê-Ser foi a Horta Ecológica, que também teve por objetivo promover a Educação Ambiental por meio da construção de um sistema de compostagem de resíduos orgânicos provenientes da merenda escolar. Esse composto orgânico foi utilizado em uma horta ecológica desenvolvida com as crianças, sensibilizando-as em prol da preservação e da conservação do meio ambiente por meio de

oficinas educativas para a observação do processo, assim como incentivando-as a compreender que suas atitudes locais podem ter reflexos globais.

Ocorreram visitas para levantamento da área disponível para instalação dos canteiros e do sistema de compostagem. De posse dessas informações, no mês de agosto de 2018 foi realizado um planejamento interno das atividades, além do levantamento dos materiais necessários e da elaboração de um cronograma com prazos pré-estabelecidos. Este foi apreciado pela direção da Fundação, juntamente com a apresentação final do projeto, estando todos de acordo.

A horta e a composteira foram projetadas e construídas em 8 meses, de abril a novembro de 2018. Para isso, seguiu-se a ordem cronológica de: pesquisa bibliográfica, estruturação do projeto para adequação à demanda, reuniões e visitas ao local para alinhar a metodologia, parcerias estabelecidas com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMBRATER), que forneceu auxílio técnico e insumos.

O terceiro projeto implementado na Fundação foi a reforma da cozinha. O mesmo surgiu mediante a necessidade apontada pela diretora da organização de se redistribuir os cômodos do local, com foco especial na cozinha e no refeitório, buscando dar mais acessibilidade, organização e conforto para as crianças e adolescentes que residem no local. Paralelamente às ações da reforma, o projeto buscou novos colaboradores para a Fundação Crê-Ser, fomentando a continuação de seus trabalhos na comunidade.

O projeto se baseou em quatro etapas principais: modelagem 3D do resultado esperado, projeto arquitetônico, tabela quantitativa de materiais e acompanhamento da obra.

2.2 Aprendendo a transformar

Já para o ano de 2019, o projeto selecionado como principal para o ESF-JM foi o Aprendendo a Transformar, com o lema “Do rejeito à transformação”. O Aprendendo a Transformar teve como objetivo desenvolver atividades educativas para estudantes do ensino médio, tendo como referência de abordagem acadêmica as questões que levaram ao rompimento da barragem de rejeitos de mineração em Brumadinho-MG e seus impactos sociais e ambientais.

As escolas selecionadas para a realização do projeto foram: Escola Estadual Manoel Loureiro e Escola Estadual Luiz Prisco de Braga, ambas localizadas na cidade de João

Monlevade. Após reuniões para definição da equipe e pesquisas de materiais de apoio, o professor orientador, os alunos bolsistas e os colaboradores realizaram uma reunião com a direção das escolas para apresentação do projeto, definição sobre possíveis recursos didáticos que seriam utilizados e cronograma de atividades, incluindo aulas no laboratório da UEMG e uma visita técnica à barragem de rejeitos de Água Limpa, da Mineradora Vale.

Foram estruturados 2 grupos de trabalho, sendo Grupo A com alunos das Engenharias de Minas e Metalúrgica e Grupo B envolvendo os alunos das Engenharias Civil e Ambiental, ambos contando com o auxílio de pedagogas vinculadas às escolas selecionadas. Os grupos realizaram atividades semanais no Centro Tecnológico (CTec) da UEMG – JM, seguindo o cronograma elaborado previamente e mantendo a rotatividade das equipes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível notar por meio da observação que o tema “desenvolvimento sustentável” se encontra cada vez mais presente nas rodas de conversas e debates com o decorrer dos anos. O entendimento sobre sustentabilidade e a mudança de estilo de vida é um longo processo social, sendo necessário desconstruir costumes e atitudes culturais contrários à preservação ambiental que se encontram enraizados na sociedade. Visto isso, o ESF busca implementar atividades que tragam resultados de modo a conseguir atingir esse objetivo de mudança de pensamento e estilo de vida.

Dessa forma, tem-se como ferramenta de auxílio a Educação Ambiental, que deve fazer parte do cotidiano do ambiente escolar desde a Educação Infantil. Sendo assim, é possível formar cidadãos capazes de se preocuparem com o ambiente em que se encontram inseridos e com a garantia de recursos para as gerações futuras, motivando sua preservação.

Segundo Roos e Becker (2012), para que ocorra uma mudança efetiva no rumo da realidade ambiental do planeta, é necessário traçar estratégias como a implementação de programas que permitam o desenvolvimento desse pensamento, como a Educação Ambiental, destacando a importância da adoção de meios que visem à sustentabilidade e à diminuição de qualquer impacto que as atividades humanas possam ter no ecossistema.

3.1 Fundação Municipal Crê-Ser

Com base nas informações decorrentes dos debates sobre a sustentabilidade, decidiu-se por desenvolver inicialmente na Fundação Crê-Ser o projeto “BioEduca”. Reconhecendo a importância de projetos ambientais nas escolas para a contribuição no processo ensino-aprendizagem de cada aluno, suas atividades visaram a construção de conhecimentos relacionados ao respeito e à proteção do meio ambiente, assim como conscientizar e estimular as crianças a dar continuidade ao processo de recuperação da natureza (SANTOS; SILVA 2016).

Seguindo a temática da importância da Educação Ambiental e do desenvolvimento do senso de preservação, realizou-se a construção da Horta Ecológica e efetivou-se a prática da compostagem junto aos alunos da instituição. Segundo Capra (2008), a exposição de jovens a ambientes com grandes experiências sensoriais e desafios apresentam resultados duradouros, uma vez que o cérebro, na infância, tem sensibilidade maior às mudanças no ambiente em que estão inseridos.

Observando as condições da estrutura do local, notou-se a necessidade de realizar um projeto arquitetônico para melhorar o espaço físico da unidade, a fim de se readequar e otimizar a área.

Dessa forma, por meio dos encontros realizados pela equipe responsável pelo BioEduca, foi possível perceber a gradual mudança de comportamento dos alunos da Fundação. Estes se mostraram questionadores e participativos nas atividades desenvolvidas, ampliando sua consciência ambiental e se manifestando no ambiente da instituição através de atitudes práticas, como a redução do lixo jogado em local inadequado. Também ficou evidente, durante a execução do projeto, que o envolvimento nas atividades realizadas promoveu estímulos ligados à aprendizagem de conceitos ambientais e permitiu momentos ricos de socialização, tão importantes em qualquer seguimento da educação.

Durante os encontros, os alunos puderam realizar atividades que trouxessem maior interesse ao tema abordado no dia, conforme Figuras de 01 a 05.

Figura 01: Dinâmica dos recursos naturais e curiosidades sobre o meio ambiente



Fonte: ESF – Núcleo João Monlevade (2018).

Figura 02: Oficina de confecção de lixeiras ecológicas de cartolina



Fonte: ESF – Núcleo João Monlevade (2018).

Figura 03: Oficina de reciclagem de garrafas pets - Bilboquê



Fonte: ESF – Núcleo João Monlevade (2018).

Figura 04: Oficina de pintura com foco no Dia da Árvore



Fonte: ESF – Núcleo João Monlevade (2018).

Figura 05: Vasos de gesso confeccionado pelas crianças



Fonte: ESF – Núcleo João Monlevade (2018).

Ao ser iniciado o projeto da Horta Comunitária, a comunidade escolar foi comunicada formalmente sobre o projeto e convidada a participar das diversas etapas, começando pela “captação de materiais recicláveis” como garrafas pets que foram utilizadas na construção do canteiro e embalagens de amaciante que foram utilizadas na oficina de regadores. Os responsáveis pelo manuseio de alimentos receberam orientação sobre o reaproveitamento do lixo orgânico no sistema de compostagem.

Antes e durante a construção dos objetos, as crianças e funcionários aprenderam sobre as sementes e seu processo de germinação, confeccionaram regadores (Figura 06) e envolveram-se no plantio (Figura 07).

Figura 06: Confeção de regadores com embalagens vazias



Fonte: ESF – Núcleo João Monlevade (2018).

Figura 07: Plantio de sementes na horta



Fonte: ESF – Núcleo João Monlevade (2018).

Todas as crianças se mostraram bastante envolvidas com o projeto, o que presume um interesse geral pela mudança nos hábitos alimentares e preservação do meio ambiente. Os educadores da instituição puderam observar a horta e a composteira como recursos didáticos palpáveis para a aplicação e compreensão dos conteúdos disciplinares.

Concomitantemente aos projetos citados, realizou-se o desenvolvimento da arquitetura local. O trabalho dividiu-se em 5 etapas: coleta de dados e dimensionamento, modelagem 3D (Figuras 08 e 09), projeto arquitetônico, planilha de custos e acompanhamento da obra. A participação dos alunos da UEMG nesse projeto possibilitou incrementar suas habilidades com experiências práticas, a fim de proporcionar-lhes uma melhor formação.

Cada uma dessas etapas envolveu uma série de ações, como se apresenta a seguir:

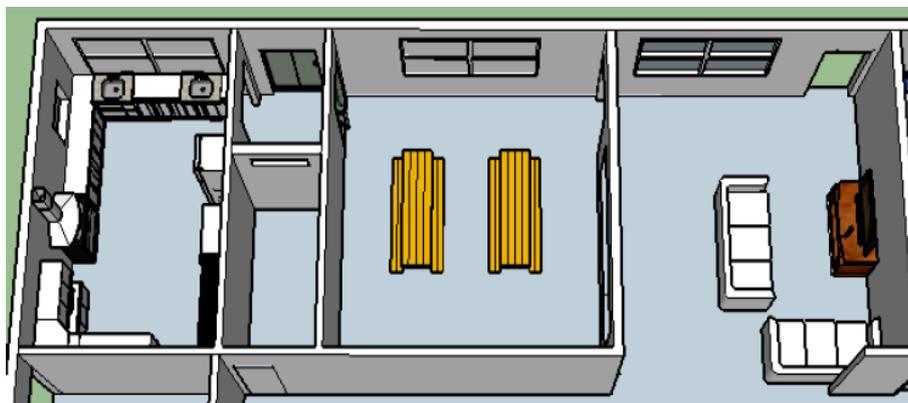
- **Modelagem 3D:** a partir de reuniões com a diretora da Fundação Crê-Ser, foram discutidas as alterações e as necessidades mais urgentes da instituição alvo do projeto. O modelo foi elaborado no software *SketchUp*.
- **Projeto arquitetônico:** para sua elaboração, foi tomada como referência a planta baixa do local, juntamente com o modelo 3D com as alterações a serem implementadas. O projeto arquitetônico foi realizado no software *AutoCad*.
- **Tabela quantitativa:** uma vez que a Unidade já possuía uma verba destinada para a execução da reforma, o papel da equipe do projeto foi quantificar os materiais a serem utilizados, otimizando os esforços dos funcionários da Fundação Crê-Ser.
- **Acompanhamento:** suporte e troca de experiências entre os funcionários da obra e os graduandos.

Figura 08: Espaço antes da reestruturação



Fonte: ESF – Núcleo João Monlevade (2018).

Figura 09: Espaço após a reestruturação



Fonte: ESF – Núcleo João Monlevade (2018).

3.2 Aprendendo a Transformar

No intuito de realizar junto a jovens do Ensino Médio da Escola Estadual Luís Prisco de Braga, na cidade de João Monlevade, a mudança de pensamento voltada para questões sociais e ambientais, desenvolveu-se o projeto “Aprendendo a Transformar”. Tomaram-se como referência as questões ligadas ao rompimento da barragem de rejeitos localizada na cidade de Brumadinho – MG e seus impactos ambientais e sociais (Figura 10).

Segundo Carvalho (2008), os jovens representam uma geração futura, ainda em formação, e, por estar em fase de desenvolvimento, pode-se supor que a consciência ambiental seja mais bem-sucedida quando introduzida nessa fase da vida do que nos adultos.

Acerca da temática escolhida, de acordo com o Relatório de Meio Ambiente das Nações Unidas (ONU, 2017), nos últimos anos ocorreram oito grandes acidentes envolvendo barragens pelo mundo, sendo o Brasil apresentado como destaque nesta lista por ser o país com o maior número de casos. Foram três acidentes, com perdas humanas ou graves danos ambientais. Após o rompimento da barragem em Brumadinho, várias outras barragens brasileiras foram diagnosticadas como ameaçadoras ao meio ambiente e à sociedade (PASSARINHO, 2019).

Os alunos da escola e sua comunidade tiveram acesso a informações e práticas que puderam transformar suas percepções em relação à sociedade e ao meio ambiente. Desenvolveram-se, assim, habilidades de tomada de decisão e conhecimento básico para criar soluções alternativas que poderão mudar o futuro do meio em que vivem.

O projeto contou com dois grupos: A e B. O Grupo A, composto por 5 integrantes de cada curso da UEMG – João Monlevade (Engenharia Civil, de Minas, Metalúrgica e Ambiental), abordou a temática da produção de minérios, a diversidade de resíduos sólidos poluentes e as características dos rejeitos gerados no processo. O Grupo B envolveu alunos de Engenharia Civil e Ambiental que trabalharam os modelos de construção das barragens de rejeito e os impactos socioambientais causados pelo seu rompimento.

Os temas foram trabalhados através de reuniões semanais alternadas entre os grupos, iniciando-se com a apresentação do tema e dinâmicas para interação entre os participantes. Após as dinâmicas, realizaram-se oficinas, práticas de laboratório, visitas técnicas e debates como forma de desenvolver o senso crítico dos participantes (Figuras 11 e 12). Na

finalização, um momento foi aberto à comunidade e imprensa local, quando foram apresentados e divulgados os materiais provenientes do trabalho desenvolvido.

Figura 10: Apresentação do projeto



Fonte: ESF – Núcleo João Monlevade (2019).

Figura 11: Atividade no Laboratório de Mineralogia da UEMG



Fonte: ESF – Núcleo João Monlevade (2019).

Figura 12: Atividades no Centro Tecnológico da UEMG



Fonte: ESF – Núcleo João Monlevade (2019).

O desenvolvimento do projeto colaborou para um maior aprendizado sobre o tema da mineração e as questões sociais e ambientais envolvidas, o que possibilita uma visão transformadora para a manutenção da sustentabilidade, contribuindo para a formação geral dos envolvidos.

Os alunos do ensino médio e sua comunidade tiveram a oportunidade de desenvolver suas habilidades de tomada de decisão, mudança de comportamento em relação a práticas sustentáveis e conhecimento básico para implantação e manutenção das soluções alternativas.

Quanto aos universitários envolvidos, o projeto possibilitou o desenvolvimento de sua capacidade de raciocínio e análise em relação a um perfil profissional voltado para a sustentabilidade e a cidadania. Desse modo, tiveram a oportunidade de praticar os conteúdos vistos em sala de aula, aprimorar a capacidade de comunicação, expandir a visão do trabalho em equipe e interagir com áreas multidisciplinares.

4. CONCLUSÃO

A criação e a fixação do ESF Núcleo de João Monlevade apresentaram resultados expressivos, trazendo benefícios tanto para os alunos da Universidade como para os favorecidos pelos projetos desenvolvidos. Durante a prática dos projetos, os universitários tiveram a oportunidade de pesquisar novas tecnologias e alternativas sustentáveis, aliadas aos conhecimentos de engenharia adquiridos em sala de aula, visando a melhoria de

comunidades desfavorecidas. Os voluntários tiveram também a oportunidade de adquirir conhecimentos e experiências de vida com pessoas de diferentes realidades sociais e culturais, aprendizados valiosos que não são obtidos na universidade. O ESF possibilita aos seus participantes desenvolver ideias inovadoras, uma vez que apresenta uma postura mais aberta e menos rígida, permitindo aflorar a criatividade dos seus membros, bem como aprimorar o *networking*, já que o voluntariado promove o trabalho com pessoas envolvidas em diversos setores. Além de proporcionar uma sensação de bem-estar proveniente do prazer de se ajudar ao próximo e aprimorar a sensibilidade e a empatia nos participantes.

A sociedade, por sua vez, foi colocada em lugar de destaque, com apoio da organização ESF e da Universidade, numa busca contínua em suprir, através da extensão universitária, deficiências existentes. Na Fundação Municipal Crê-Ser, através do projeto Bioeduca, os alunos puderam desenvolver a capacidade de reflexão sobre o meio ambiente, ampliando a conscientização ambiental, além de ter sido constatada uma mudança de comportamento, manifestada no ambiente da Fundação, com a efetiva redução de lixo. Esse projeto buscou melhorar a qualidade de vida das crianças, bem como a formação de cidadãos mais responsáveis e informados sobre as condições atuais do ambiente. A horta proporcionou alimentos frescos e saudáveis aos alunos e funcionários, que anteriormente eram carentes de uma alimentação variada. Do mesmo modo, a reforma da cozinha possibilitou uma melhora no dia a dia da Fundação, permitindo mais espaço e organização para a realização das refeições.

Já o projeto Aprendendo a Transformar se mostrou de grande relevância para expandir os conhecimentos dos alunos dentro da temática da responsabilidade ambiental, com foco especial na ocorrência de desastres, considerando que as reflexões acerca do tema colaboram no desenvolvimento do senso crítico nas crianças e jovens, além de prepará-los para, no futuro, agir conscientemente no mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS

BORBA, S. N.; VARGAS, D. L. O; WIZNIEWSKY, J. G. Promovendo a Educação Ambiental e Sustentabilidade através da Prática da agricultura de base Ecológica. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 8, p. 631-639, 2013. Disponível em: <https://doity.com.br/vi-cbesf>. Acesso em: 20 jul. 2019.

CAPRA, F. Alfabetização Ecológica: o desafio para a educação do século 21. In: TRIGUEIRO, A. (Coord). **Meio Ambiente do Século 21**: 21 especialistas falam da questão

ambiental nas suas áreas de conhecimento. 5. ed. Campinas: Armazém do Ipê (Autores Associados), 2008. cap. 1. p. 19-33.

CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental**: a formação do sujeito ecológico. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2008.

ESF, NÚCLEO JOÃO MONLEVADE. **Arquivos de Acervo Pessoal**. 2018.

_____. **Arquivos de Acervo Pessoal**. 2019.

ESF, BRASIL. **VI Congresso Brasileiro dos Engenheiros Sem Fronteiras “Aprender para crescer, crescer para transformar”**, 2019. Disponível em: <https://doity.com.br/vi-cbesf>. Acesso em: 20 jun. 2019.

GHINI, R.; BETTIOL, W. Proteção de plantas na agricultura sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 1, p. 61-70, 2000. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8862>. Acesso em: 09 maio 2020.

GIFFORD, R. O papel da Psicologia Ambiental na formação da Política Ambiental e na construção do futuro. **Psicologia USP**, v. 16, n. 1-2, p. 237-47, 2005. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/psicousp/article/viewFile/41854/45522>. Acesso em: 18 abr. 2017.

GRZEBIELUK, D.; KUBIAK, I.; SCHILLER, A. M. Educação Ambiental: a importância deste debate na Educação Infantil. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 5, p. 3881-3906, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/remoa/article/view/14958>. Acesso em: 23 fev. 2020.

MACHADO, P. J. O. Capacidade, suporte e sustentabilidade ambiental. **Geosul**, v. 14, n. 27, p. 122-127, 1999. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/18847>. Acesso em: 12 mar. 2020.

MACIAL, T. B.; RITTER, P. Desenvolvimento sustentável, diversidade e novas tecnologias: a relação com a ecologia social. **Psico**, v. 36, n. 1, p. 4, 2005. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5161549>. Acesso em: 20 mar. 2016.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v26n74/a05v26n74.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**. Relatório, 2017.

PASSARINHO, N. **Tragédia com barragem da Vale em Brumadinho pode ser a pior do mundo em 3 décadas**. 2019. Disponível em: <https://www.bol.uol.com.br/noticias/2019/29/tragedia-com-barragem-da-vale-em-brumadinho-pode-ser-a-pior-no-mundo-em-3-decadas.htm>. Acesso em: 15 jun. 2019.

RODRIGUES, C. Educação infantil e Educação Ambiental: um encontro das abordagens teóricas com a prática educativa. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação**

Ambiental, v. 26, 2011. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/3354>. Acesso em: 20 mar. 2018.

ROOS, A.; BECKER, E. L. S. Educação ambiental e sustentabilidade. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 5, n. 5, p. 857-866, 2012.

SANTOS, C. F.; SILVA, A. J. A importância da Educação Ambiental no Ensino Infantil com a utilização de recursos tecnológicos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 2016. Disponível em: https://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/4188. Acesso em: 25 jul. 2020.

VAN BELLEN, H. M. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 1, p. 67-87, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2004000100005&script=sci_arttext. Acesso em: 27 jul. 2020.



Percepções e formação de acadêmicos em Engenharia Civil sobre risco e sua gestão

Carlos Guilherme Rocha¹

Letícia Pereira Gabriel²

RESUMO

Este artigo analisa como estudantes concluintes do curso de Engenharia Civil do CEFET-MG, campus Varginha, lidam com e percebem “riscos” em sua formação profissional. O propósito é analisar, no discurso desses acadêmicos, a representação de “risco” e conceitos que o circundam. De abordagem construtivista, esta observação foca em como fatores sociais e políticos são encarados pelos acadêmicos como pertinentes, ou não, à gestão dos riscos. Para realizar a análise, apresenta-se comentário sobre como os campos da Engenharia e das Ciências Sociais convergiram nas últimas décadas, levando à formação das “ciências cindínicas” e à institucionalização de propostas para gestão de risco, a partir de uma compreensão ampliada, que toma os riscos não apenas como probabilístico, mas que compreende outras dimensões, como condições sociais, memória e relações de trabalho. Evidenciou-se que os novos profissionais partilham de um paradigma tecnocrático de Engenharia que leva à condução objetivista e probabilista da gestão e análise de riscos. Dessa forma, aspectos éticos, condicionamentos sociais e a complexidade dos interesses humanos envolvidos são obliterados na abordagem profissional.

Palavras-chave: Riscos. Engenharia Civil. Percepção.

¹Graduado em História pela Universidade Federal de São João Del-Rei – UFSJ. Mestre em História pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP e Doutor em História pela Universidade Federal Fluminense – UFF. Atualmente é professor e pesquisador do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET, Campus Varginha, MG, Brasil. E-mail: carlosgrocha@cefetmg.br.

²Graduanda em Edificações pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET, Campus Varginha, MG, Brasil. E-mail: leticia.p.gabriel@hotmail.com.

Perceptions and academic qualification of civil Engineering Students about risk and its management

ABSTRACT

This article analyzes how Civil Engineering senior students at CEFET-MG, campus Varginha, deal with and perceive “risks” in their professional qualification. The purpose is to analyze, in the speech of these academics, the representation of “risk” and concepts that surround it. In a constructivist approach, this observation focus on how social and political factors are viewed by academics as pertinent, or not, to risk management. In order to carry out the analysis, it is presented a comment on how the fields of engineering and social sciences have converged in the last decades, leading to the formation of “scindinic sciences” and the institutionalization of proposals for risk management, based on an expanded understanding, which takes risks not just as probabilistic, but that comprises other dimensions, such as social conditions, memory and work relationships. It became evident that the new professionals share a technocratic paradigm of Engineering, which leads to an objectivist and probabilistic approach to risk management and analysis. Thus, ethical aspects, social conditions and the complexity of the human interests involved are obliterated in the professional approach.

Keywords: *Risks. Civil Engineering. Perception.*

Artigo recebido em: 26/04/2021

Aceito em: 09/06/2021

1. CONCEITO DE RISCO E SUA GESTÃO

O conceito de risco pode ser baseado em diversos fatos e apresentar mais de uma interpretação. Basicamente ele vem da incerteza entre a segurança ou a destruição de algo. Assim, é tomado como uma possibilidade tangente a todos os empreendimentos humanos.

O termo “risco” surgiu no início da modernidade, referindo-se a eventos que fugiam ao controle de mulheres e homens, tornando-se potenciais causadores de danos humanos, materiais e econômicos. A partir do século XVIII, com o Iluminismo, cientistas e técnicos passaram a trabalhar no sentido de prevenir esses eventos, orientados pela concepção que a humanidade poderia dominar, plenamente, todos os eventos (LUHMANN, 1993, p. 10-13). As engenharias foram símbolos desse processo. Caberia às engenheiras e aos engenheiros seguir normas técnicas, que garantissem a segurança e o benefício de seus produtos. O risco passou a ser entendido como uma dimensão previsível, calculável e, conseqüentemente, controlável pelos profissionais de engenharia. Esse paradigma, portanto, tomava os riscos como objetivos, passíveis de serem identificados e eliminados.

No entanto, na mesma medida que soluções eram produzidas, novos problemas eram identificados e percebidos tanto no campo científico quanto socialmente. Nas décadas de 1970 e 1980, a questão climática e ambiental, o contato cotidiano com elementos químicos e a energia nuclear passaram a ser vistos por muitos como perigos que já afetavam a humanidade (JASANOFF, 1990, p. 20-21). Mesmo em áreas de conhecimento tradicionais, como a construção civil, pesquisas mostram como o número de sinistros se mantém estáveis nas últimas sete décadas, apesar da instalação de normas técnicas e padrões de segurança (DO CARMO, 2019, p. 119-147).

A partir da década de 1980, o campo das engenharias foi desafiado quanto à forma de tratar com os riscos em suas atividades. Os métodos probabilísticos tiveram seus limites afirmados, obrigando profissionais da engenharia a lidar com a incerteza inerente. Um dos principais pensadores a questionar o paradigma de tratamento de riscos foi o sociólogo alemão Ulrich Beck. O pressuposto de seu pensamento era que toda intervenção técnica ou tecnológica é permeada por incertezas, que implicam em potenciais riscos.

Em seu livro “Sociedade de Risco”, Beck (2011) não apenas questionou os pressupostos sobre os quais a ciência e a tecnologia se assentavam em nossa sociedade, como indicou que essas mesmas bases colocavam a humanidade numa condição de risco global.

Acontecimentos trágicos como em Bopal (1984), Chernobil (1986) e na Baía de Guanabara (1997 e 2000) fizeram com que sua crítica ressoasse pelo mundo.

De acordo com Beck, o modelo fragmentado de ciência e tecnologia, regido pelo imperativo da melhor relação custo-benefício faz com que se ignore politicamente efeitos nocivos existentes, mas que seriam incognoscíveis vistos pelo paradigma da técnica e da racionalidade pura. Beck propunha a formação de uma nova epistemologia, que lidasse com os processos técnicos e científicos como questões políticas, visando a supressão das causas de risco, pela dura limitação dos processos de inovação.

Nas décadas seguintes, o pessimismo de Beck tem sido criticado em variadas vertentes acadêmicas, tanto nas engenharias quanto nas ciências sociais. Mas um ponto de sua proposta se assentou, os riscos, bem como as ciências e as engenharias devem também ser observadas por uma ótica política.

Os riscos, tanto globais quanto locais, são tidos como manifestações produzidas por condições históricas e sociais. No campo das ciências sociais, constitui-se uma abordagem construtivista, baseada na ideia de governabilidade. Nesta, toma-se a ideia de que a incerteza é uma dimensão pertinente e não anulável em qualquer intervenção técnica ou científica. Assim, deve-se adotar uma gestão de riscos que trate essas manifestações como possíveis, diante de uma incerteza radical. A governabilidade dos riscos, portanto, não se trata apenas de evitar manifestações de desastres, mas adotar, de maneira sistemática e democrática, ações de mitigação, resiliência, conscientização e controle (LUHMANN, 1993; FURED, 2007; JASANOFF, 2010; MENDES, 2015). O mais importante é ter em conta os interesses humanos envolvidos em um determinado empreendimento.

Tal concepção resultou na formação do campo das “ciências cindínicas”. Essa área de conhecimento pressupõe que riscos e desastres devem ser vistos por uma ótica sistêmica e global, focando em ações de redução de impacto e gestão de crises, portanto, a interdisciplinaridade é estrutural em tal perspectiva de estudo dos riscos (LOURENÇO, 2018).

Essa formulação não foi obra puramente do pensamento de filósofos e sociólogos. As engenharias responderam positivamente ao desafio colocado por Ulrich Beck, assumindo que sua atuação de intervenção no mundo é também política, permeada por questões éticas e sociais (ALMEIDA, 2004; LEVESON, 2004; SILVEIRA, 2007; AVEN, 2008; ALMEIDA, 2014; OLIVEIRA, 2014; FIGUEIREDO, 2015; MAES, DANN, CASPEELE, 2016; ZILBOVICIUS, PIQUEIRA, SZNELWAR, 2020). Um dos efeitos práticos disso é a

International Organization for Standardization (ISO) assumir tal princípio, em sua norma 31000, sobre gerenciamento de riscos. O que este e outros dispositivos propõem não é a supressão total de riscos, mas assumi-los e lidar com eles de forma positiva na busca de segurança e eficiência. Nessa perspectiva, os riscos são tomados de maneira ampla, assumindo que toda organização pode estar exposta a riscos, que podem gerar desde problemas financeiros a situações que coloquem a vida de trabalhadores e envolvidos em perigo.

2. O LUGAR SOCIAL DO PROFISSIONAL DE ENGENHARIA E A GESTÃO DO RISCO

Partindo desse ponto de vista, tecnologias e seus usos não são neutros. Especialmente quando se trata da gestão do risco, fica evidenciado como as decisões tomadas (para reduzir, evitar, controlar ou assumir) são essencialmente políticas. Desse modo é entendido que as engenheiras e os engenheiros, enquanto especialistas e produtores de tecnologia, assumam protagonismo em relação a tais decisões. Adotar uma postura crítica diante das inovações e utilizações dos recursos tecnológicos é também reposicionar os profissionais de engenharia na esfera pública, tornando-os agentes em decisões éticas sobre como as comunidades lidam com tecnologias (ASLAKSEN, 2013). Wang Dazhou sustenta que as práticas de engenharia não são apenas resultados de ações humanas, mas geradoras da própria humanidade. Com isso, reforça o engenheiro chinês, a atividade de engenheiras e engenheiros não diz respeito à predição do futuro (*forecasting*) mas sobre aventar possibilidades sobre esse futuro (*foresighting*) (WANG, 2018).

Como mostra Erik Aslaksen, o papel social dos profissionais de engenharia como “técnicos” não é um lugar natural, pode e deve ser modificado (ASLAKSEN, 2015 a). Diante do excesso de tecnologia (BYUNG-CHUL, 2017) em nossa volta e dos dilemas éticos que emergem a cada dia, é desejado e necessário um novo perfil de atuação das engenheiras e engenheiros. A gestão de riscos sociais e globais é uma das questões postas à mesa quando se discute esse tema. Para tanto, é necessário formar profissionais que estejam atentos à complexidade dos processos aos quais está inserido, pensando sua prática como um sistema

“of objects humans, practices, and meanings instead of a mere assembly of mechanical and electronic equipment”³ (WANG, LI, CAO, 2018, p. 54).

Uma das evidências dessa demanda foi a criação da United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) [Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres], no ano de 1999, diante do reconhecimento internacional da necessidade de construir comunidades mais seguras e resilientes a situações de risco coletivo. Uma das concepções orientadoras da UNDRR foi apresentada em seu último relatório, em 2019: o risco é sistêmico. Nesse sentido, é proposto uma mudança de paradigma, que deixe de enfatizar a gestão dos desastres, para focar na gestão de riscos, constituindo um entendimento das interações dinâmicas que levam a tal condição (UNDRR, 2019, p. 65). Nesse âmbito, engenheiros e engenheiras têm papel determinante, atuando de forma mais ampla, combinada e buscando novos tipos de soluções para evitar, precaver e resistir, construindo comunidades mais democráticas e empoderadas.

Em paralelo à ação filiada à ONU, a *International Organization for Standardization* (ISO) [Organização Internacional para Padronização] dedicou-se, no fim da primeira década do século XXI, a formular modelos para gestão de risco. Pautada nos fundamentos teóricos das ciências cindínicas, a ISO 31000, publicada em 2009, é um conjunto de princípios e orientações possível de ser aplicada a qualquer empreendimento e organização, seja privada, pública, coletiva ou individual. Por seu caráter geral e genérico, a ISO 31000 não é certificável (UNDRR, 2012, p. 70). Recentemente, a norma foi atualizada, com sua publicação pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A ISO 31000 pressupõe que todo empreendimento pode estar sujeito a influências que tornam seu resultado incerto, e adota tal definição de risco. Portanto, a gestão de risco é levar em conta os contextos internos e externos ao empreendimento, “incluindo o comportamento humano e os fatores culturais” (ABNT, 2018, p. 1). Entende-se o risco como uma possibilidade subjetiva e qualitativa. Isto fica evidente na orientação da norma para que sejam apreciados “fatores sociais, culturais, políticos, jurídicos, regulatórios, financeiros, tecnológicos, econômicos e ambientais, em âmbito internacional, nacional, regional ou local”, também “relacionamentos, percepções, valores, necessidades e expectativas das partes interessadas externas” (Idem, p. 6).

³de objetos humanos, práticas e significados ao invés de uma mera reunião de equipamentos mecânicos e eletrônicos (tradução do autor).

Os princípios expostos pela ISO 31000 igualmente se coadunam à bibliografia teórica sobre riscos, propondo o cuidado sistêmico de todas as fases possíveis: antes (precaução e prevenção), durante (situações emergenciais, resposta imediata à crise/perigo; socorro); depois (recuperação da catástrofe) (LOURENÇO; ALMEIDA, 2018, p. 25). A gestão das incertezas que podem causar efeitos não previstos deve ser integrada, isto é, parte de todo processo do empreendimento. Também deve ser uma gestão personalizada, que considera as influências específicas a qual aquele projeto está sujeito e como ele pode influenciar o contexto que está inserido. Nesse sentido, deve levar em conta pontos de vista e percepções variadas, visando melhor conscientização e melhores fundamentos para ação, tornando-se uma gestão inclusiva.

Para que tais princípios se sustentem é fundamental manter canais constantes de comunicação e consulta, que sejam dialógicos. A comunicação deve ser entendida como partilha de informações entre todos os interessados de um empreendimento, seja de forma direta ou indireta. Essa comunicação deve subsidiar as ações de forma a criar um senso de inclusão e propriedade para os possíveis afetados. “Isso permite que as organizações abordem explicitamente a incerteza na tomada de decisão, enquanto também asseguram que qualquer incerteza nova ou posterior possa ser levada em consideração à medida que ela surja” (ABNT, 2018, p. 8).

A partir de um diálogo democrático, que considere as múltiplas percepções e sensibilidades, analisadas criticamente, a gestão do risco proposta pela ISO 31000:2018 revê ações e responsabilizações. Diversas pesquisas mostram que o amplo diálogo sobre incertezas e riscos não leva ao pânico, sim ao desenvolvimento de relações solidárias, pautadas em confiança mútua (SLOVIC, 1987; FIGUEIREDO *et. al.*, 2004; SLOVIC, *et. al.*, 2004; MENDES, 2006; MENDES, TAVARES, 2009). Com isso, a avaliação de riscos pode levar a diversos caminhos, como à recusa, à prevenção, à precaução, à mitigação, à elaboração de estratégias de resiliência, até mesmo à assunção e à ampliação das situações de risco (ABNT, 2018, p. 13-14).

3. ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS DA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL NO CEFET-MG

A nível nacional, essa perspectiva se materializou nos últimos tempos, orientando novo tipo de formação para os profissionais de engenharia. No ano de 2019, o Conselho Nacional de Educação aprovou novas diretrizes curriculares para os diversos cursos de graduação na

área. O documento defende a formação de um profissional que tenha visão integral e sistêmica, comprometido com valores constitucionais da democracia e da solidariedade. O parecer do Conselho Nacional de Educação aponta para o caminho que conflui com a nova perspectiva de gestão de riscos:

A formação em Engenharia deve ser vista principalmente como um processo. Um processo que envolve as pessoas, suas necessidades, suas expectativas, seus comportamentos e que requer empatia, interesse pelo usuário, além da utilização de técnicas que permitam transformar a observação em formulação do problema a ser resolvido, com a aplicação da tecnologia (BRASIL, 2019 a, p. 29).

O artigo terceiro das novas Diretrizes aponta para diversas características que o egresso de uma graduação em engenharia deve ter, entre as quais destaca-se a necessidade de uma visão holística e humanista, baseada na crítica, reflexão, cooperação e ética. Na prática, a ideia é que a atuação profissional seja baseada no conhecimento e diálogo com as necessidades dos usuários, se opondo a um modelo essencialmente tecnocrático. Para tanto, é necessário “considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho” (BRASIL, 2019 b, art. 3º). Dentre as competências, os currículos nacionais de engenharia devem trabalhar para desenvolver a capacidade de análise e registro dos diversos contextos sociais, culturais, ambientais e econômicos, no sentido de “realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia” (Idem, art. 4º, IV, e).

O reconhecimento da complexidade e dos condicionantes sociais seria, portanto, uma qualidade essencial para as engenheiras e os engenheiros do século XXI. Capazes de estabelecer uma comunicação de via dupla, não só para informar, mas que se pautem pelas demandas que emergem das comunidades, atuando com responsabilidade social.

Ordenado em tal orientação, o Projeto Pedagógico do curso (PPC) de Engenharia Civil do CEFET-MG, *campus* Varginha, indica como princípio a formação de cidadão que seja crítico, competente e solidário na sua prática profissional (BRASIL, 2019 c). A compreensão dos contextos socioculturais e o reconhecimento da complexidade que envolve o ofício da engenharia são propostas fundamentais do projeto pedagógico. Essa proposta se alinha com as orientações de Erik Aslaksen, ao propor que ciência e engenharia não devem ser só tomadas de maneira funcional, mas como modos de interação humana com o mundo.

Um dos pontos mais enfatizados pelo PPC do curso de Engenharia Civil é a promoção de uma abordagem interdisciplinar e multidisciplinar que possibilite às engenheiras e aos

engenheiros egressos participarem e liderarem projetos em equipes, a fim de dar conta de situações complexas. O ideal é formar profissionais que tenham visão sistêmica sobre a produção tecnológica, tendo em conta questões administrativas, sociais, econômicas e ambientais relativas à sua prática.

O objetivo principal da pesquisa é avaliar as concepções de “risco” entre estudantes concluintes do curso de Engenharia Civil do CEFET-MG, campus Varginha. A ênfase da análise será em como ao refletir sobre o tema, os acadêmicos consideram (ou não) condicionantes sociológicas, antropológicas, políticas, culturais e históricas como estruturantes de um projeto de engenharia, em especial na gestão dos riscos. Avalia-se sob quais paradigmas de engenharia e de segurança se dá a formação de futuras engenheiras e engenheiros civis.

Nesse sentido, será analisado o perfil do egresso em comparação às competências previstas no Projeto Pedagógico da instituição e nas Diretrizes Curriculares Nacionais para as engenharias. Assim, o projeto propõe uma reflexão sobre o papel político e social de profissionais de engenharia, como agentes nas discussões éticas e globais acerca da forma como a humanidade lida com as tecnologias.

4. METODOLOGIA DE PESQUISA

Para realizar a análise e comparação entre as concepções até agora expostas e a forma como futuros engenheiros civis se posicionam diante da questão dos riscos em sua prática profissional, as informações foram colhidas através de entrevistas com estudantes, do curso de Engenharia Civil no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), *campus* Varginha.

Todo procedimento de pesquisa e seus instrumentos foram previamente aprovados pelo Conselho de Ética em Pesquisa da instituição. Da mesma forma, todos os participantes estavam cientes sobre os objetivos do trabalho, confirmando sua participação com o preenchimento e assinatura de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

As entrevistas foram de abordagem semiestruturada e eram compostas por perguntas que contextualizam, no primeiro momento, dados pessoais e informações sobre a formação acadêmica. O objetivo foi de salientar a identidade dos participantes como acadêmicos da área de Engenharia Civil, fazendo com que passassem a enfrentar as questões a partir deste ponto de vista (COHN, FEHR, MARÉCHAL, 2014; COHN, MARÉCHAL, NOLL, 2015).

Foram questionados, o que achavam de sua formação acadêmica e quais conhecimentos julgavam mais importantes para um profissional de engenharia. Nesse mesmo sentido, os entrevistados foram demandados a falar quais suas áreas de interesse no campo da Engenharia Civil.

O roteiro de entrevista foi composto por 16 questões. Sua formulação se fez a partir da definição conceitual do tema a ser pesquisado, de forma a garantir coerência à investigação, em especial à análise das informações produzidas (MENDES, 2015, p. 69-71). No processo de criação, foram realizadas entrevistas teste, também com estudantes de Engenharia Civil, mas que não estavam em fase de conclusão do curso. Esta etapa permitiu a realização de ajustes pontuais ao instrumento e confirmou seu potencial para atingir aos objetivos propostos pela pesquisa (GOLDENBERG, 2004, p. 85-91).

Foram entrevistadas, entre os meses de julho e agosto de 2020, seis pessoas, sendo dois homens e quatro mulheres. Os estudantes estavam em etapa conclusiva do curso, estando entre o 9º e o 11º período. A faixa etária dos entrevistados era entre 22 e 34 anos. Alguns deles já tiveram experiência no mercado de trabalho da construção civil, através de estágios, projetos ou vínculo empregatício, enquanto outros não. As entrevistas foram realizadas através de chamadas de vídeo pelo Google Meet e tiveram duração média de 30 minutos, mas com variações consideráveis (entre 15 minutos e uma hora de duração) de acordo com os entrevistados.

As questões realizadas tinham por objetivo extrair dos acadêmicos o que pensavam e tinham como definição de risco. Além disso, as entrevistas também incluíam perguntas para a observação de quem eles acreditavam ser responsável pelos riscos de um projeto e quais são os fatores que podem causá-los. Foram feitas perguntas que levavam a discussões sobre quais seriam as funções do profissional de engenharia em uma empreitada e edificação, daí observando suas visões sobre técnica e ciência no exercício da profissional, bem como sobre a gestão democrática e tecnocrática e até seus pensamentos sobre a tendência de exposição aos riscos com o passar dos tempos. Foram igualmente demandas suas opiniões quanto ao papel das disciplinas de Ciências Sociais e Humanas no curso de Engenharia Civil.

Por fim, também houve análise quanto a relação entre riscos e vulnerabilidades sociais, do mesmo modo suas considerações sobre como as ciências humanas e a filosofia, presentes no currículo acadêmico, poderiam auxiliar na formação do engenheiro e quais eram suas contribuições para esses profissionais.

Com o consentimento dos participantes, todas entrevistas foram gravadas. Dessa forma, foi realizada análise detalhada do material. Nessa etapa, criou-se uma planilha permitindo exame global e compacto das informações colhidas. A planilha foi constituída a partir de hipóteses levantadas previamente (paradigma tecnocrático, relação entre risco e vulnerabilidades sociais) e conceitos fundamentais (risco, gestão democrática), mas igualmente permitindo que novas aspectos e considerações surgissem. Com isso, foi possível extrair os principais pontos da entrevista e observá-los a partir daquilo que havia sido anteriormente estudado. Também houve uma comparação entre eles, proporcionando interpretação diante dos diferentes pontos de vista e experiências, viabilizando conclusões que levassem em consideração os diversos fatores citados nos diálogos. A seguir, as observações e conclusões realizadas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Lidar com aquilo que é incerto e não desejado não é uma situação simples, por isso não é de se estranhar respostas inseguras, marcadas por hiatos e parênteses. Porém o que foi notado, ao apresentar questões sobre riscos e a relação com a atividade de engenheiras e engenheiros, não foi mero receio, sim um deslocamento, como se fosse uma questão alheia ao campo da engenharia e, até então, não tivesse sido ponto de reflexão. O risco, segundo o Entrevistado 2, seria “como se fosse um alerta(...)para a pessoa saber que existe algo ali que pode sair do padrão”. Nesse mesmo sentido vão as considerações da Entrevistada 6: “acho que todas as construtoras têm se atentado mais a essa parte de prever os riscos e se antecipar a eles, mas por falha humana as pessoas deixam de cumprir os quesitos de segurança e se expõem aos riscos.”

Observa-se a prevalência de um paradigma de engenharia como atividade exata e objetiva, que trata como se todos os eventos pudessem ser previstos e controlados. Dessa forma, riscos são tidos como uma dimensão eliminável de qualquer projeto. Tal pressuposto não seria somente falho, como promovedor de mais situações de risco nas práticas de engenharia, pois a complexidade dos empreendimentos é negligenciada (LEVESON, 2004; SZNELWAR *et. al.*, 2019, p. 5-7; AGOPYAN, 2019). A manifestação de riscos é, dessa forma, tratada a partir da simples causalidade, desconsiderando todo processo interativo sob o qual as intervenções técnicas e tecnológicas se sustentam (VALÊNCIO, 2018).

O engenheiro civil português José Simão do Carmo chama a atenção que devemos tomar já que “uma obra de construção civil nunca é inteiramente segura; por mais pequeno

que seja, existe sempre algum risco associado” (DO CARMO, 2019, p. 109). Diante disso, o correto não é ignorar os riscos, mas gerir, compartilhar e minimizar. Desenvolvendo essa ideia, o acadêmico português sugere que as avaliações de risco devem levar em conta variáveis como ameaça (aquilo que pode causar dano), exposição (valor dos elementos sujeitos a risco) e vulnerabilidade (condição que envolve sensibilidade, percepção e capacidade em relação a situações de risco). Enquanto a primeira variável é de base probabilística, as outras duas são perpassadas por julgamentos morais e políticos, centrado nos indivíduos e grupos sociais envolvidos no empreendimento. Aqui se põe uma das primordiais questões da atividade de engenharia, formular problemas, não apenas fornecer respostas.

Ao dizer que engenheiras e engenheiros atuam na formulação de problemas, entende-se que um projeto de engenharia atua na transformação da realidade, a partir de demandas, possibilidades, queixas e oportunidades produzidas socialmente. Isso faz com que a engenharia, diferente de ciência, não se atenha apenas a uma ética interna, mas possua uma dimensão fundamentalmente política, permeada por incertezas, ambiguidades e imprecisões (SILVA, PROENÇA, 2015; FIGUEIREDO, 2015).

No entanto, os acadêmicos consultados expressaram uma visão de engenharia como atividade técnica infalível. A Entrevistada 5 deixa isso explícito, ao afirmar que as falhas e situações de risco são derivadas quase sempre de erros humanos, pela não aplicação correta de aspectos técnicos, no que é acompanhada pela Entrevistada 6. Ao ser questionado se todo problema ou acidente é fruto de falha humana, o Entrevistado 1 afirmou diretamente: “De maneira alguma”. Depois de algum silêncio, refletiu sobre a situação: “[...], talvez sim [...] de uma certa maneira sim. Às vezes, é, a pessoa não tem qualificação técnica, ela... ...se coloca em situações de risco”.

Destaca-se o fato de que nenhum dos entrevistados relacionou a avaliação e a gestão de riscos a vulnerabilidades sociais. Eles não fizeram referência a essas vulnerabilidades quando foram questionados sobre fatores de risco, o que os gerava e o que poderia ser feito para uma melhor gestão deles.

Vulnerabilidades socioeconômicas levam a exposições a riscos decorrentes da violência, exploração, falta de acesso ao saneamento básico, educação e saúde de qualidade, moradias precárias e fome, por exemplo. Assim, parte-se da compreensão que os riscos são frutos de processos de marginalização e exclusão social, não o contrário (MENDES, 2015, p. 73-76). Isso não quer dizer que se trate de aspectos técnicos e geofísicos como de segunda

categoria na avaliação de riscos, mas que tais fatores sejam tomados em conjuntos a condicionantes sociais, culturais e políticas.

Ao invés disso, os acadêmicos manifestaram posição tecnocrática (VALÊNCIO, 2014). Dessa forma, associaram os riscos à falta de planejamento, à não aplicação correta de padrões estabelecidos, à tentativa de diminuição dos gastos, à falta de fiscalização e manutenção, à pressa quanto aos prazos e, especialmente, à mão de obra não qualificada. É possível perceber isso com a Entrevistada 3, por exemplo, que quando perguntada sobre o que auxilia na diminuição de riscos disse: “se existir muita fiscalização na área de segurança do trabalho, né, que é uma área da engenharia que tem que ser sempre muito bem cobrada, muito bem fiscalizada”. “Qualquer técnica mal executada acarreta em um risco”, destacou a Entrevistada 6. “A construção civil é uma área que traz muita mão de obra não qualificada... então nisso ela contribui para acidentes e diversos problemas geradas por falhas humanas”, apontou um dos entrevistados, ao ser questionado sobre fatores de risco.

Os desastres na construção civil refletem a realidade da desigualdade social e fatores como a pobreza, raça, idade e região (GOMES, 2003; TAKAHASHI *et. al.*, 2012; COCKELL, 2014). Analisando os danos já ocorridos, é possível perceber os perigos que parte da população está exposta. Mais do que isso, é perceptível a diferença alarmante entre os desastres ocorridos entre as diferentes classes. O desigual acesso aos recursos básicos, desenvolvimento econômico e modo de vida das populações mostram como muitos vivem diretamente expostos aos perigos e vidas marginalizadas. A análise de todos esses fatores pode resultar em muitos esclarecimentos quanto à gestão dos riscos e como as vulnerabilidades sociais a quais diversas pessoas estão expostas estão diretamente ligadas a isso.

A questão é compreender quais condições produzem erros de maneira sistemática. Cargas horárias elevadas, negligência no campo de trabalho, baixos salários, escolaridade reduzida, dentre outros, não foram elencados como questões que geram riscos, ficando tudo reduzido à falta de conhecimento e de atenção na aplicação de técnicas.

Essa característica fica expressa quando os acadêmicos foram interrogados sobre a função que a engenheira(o) deve exercer, para redução dos riscos: todos foram unânimes em falar sobre a importância da comunicação. Dessa forma, muitos deles classificaram a dinâmica da obra de uma forma unilateral e hierárquica, em que a profissional de Engenharia Civil deveria explicar para os outros o que deve ser feito naquela obra. A fala da Entrevistada 4 é exemplar: “quando você não apresenta essas informações ou não deixa transparente, a

pessoa não vai entender mesmo, ela não é obrigada a entender de uma área, de um campo que ela não está envolvida, não estudou”. Enquanto um domina o saber (o do engenheiro) o outro é completamente carente de conhecimentos. Compreensões semelhantes foram comuns durante as conversas. Uma das estudantes disse que a função do profissional de engenharia, na comunicação, é “dar uma teoria que a pessoa não tem”, outro declarou que seria, “conscientizar as pessoas que estão envolvidas”.

Tais dizeres corroboram que a formação destes profissionais se dá sob bases tecnocráticas, pois compreendem que sua ação, de técnico e especialista, como essencialmente neutra e orientada por princípios exclusivamente objetivos oriundos do conhecimento científico. Assim, não apontaram para como o restante da sociedade influenciaria na produção de conhecimentos e consensos. Caberia apenas a engenheiras e engenheiros tomar as decisões, de forma exata ou o mais próximo possível a isso, e passar o conhecimento aos leigos. Nesse sentido, questionados sobre quem seria o principal responsável por problemas que poderiam ocorrer em uma obra, a maioria disse que seria o engenheiro ou a engenharia, por ser projetista e gestor da empreitada.

Para além da culpabilização individual, como de “um pedreiro ou mestre de obra, se ele não seguir o projeto”, a única dimensão sistêmica levantada como potencializadora da manifestação de riscos, acidentes e ruínas é a econômica. A Entrevistada 4 indicou isso de forma indireta, afirmando que pode haver riscos quando o envolvido “não teve compromisso com a qualidade do material”. Para o Entrevistado 1 “essa questão de não querer investir dinheiro em projeto, ensaio [...], são pontos que afetam muito a segurança de uma edificação e gera muito risco”. Além disso, esse mesmo acadêmico indicou que possivelmente o maior responsável por problemas e vícios em uma edificação é “quem administra a parte financeira da obra”.

No entanto, a dimensão econômica de um empreendimento é tomada como alheia ao serviço técnico e objetivo do profissional de engenharia, não como parte constituinte do projeto. Uma das entrevistadas qualificou essa tensão de “uma economia burra”, no sentido de que a redução dos custos leva ao impedimento da correta aplicação técnica.

Os acadêmicos estão plenamente corretos ao considerar que a ênfase na produção e no retorno financeiro imediato são fatores potencializadores de tragédias e falhas no processo de uma edificação, seja pela adoção de mecanismos negligentes a normas de segurança, materiais que não sejam adequados, ausência de estudos diagnósticos ou pela falta de manutenção (MULLAINATHAN, SHAFIR, 2020, p. 167-172). Porém, é importante

salientar que essa submissão da engenharia aos interesses econômicos não é um dado, mas fruto de um determinado paradigma que *“has developed and received its current characteristics as part of the capitalism system, and it is a role that can be changed”*⁴ (ASLAKSEN, 2015 a, p. 34).

Por esse mesmo ângulo, Wang Guoyu, Li Lei e Cao Xu destacam que a forma como tradicionalmente as engenharias lidam com a questão da viabilidade, enfatizando a dimensão financeira e ignorando os impactos dos empreendimentos na vida de indivíduos envolvidos e afetados, baseia-se na ideia de que esse público não possui conhecimento genuíno e relevante. Ignora-se assim que todo processo de intervenção na realidade e de aceitação de uma tecnologia é perpassado por valores, não apenas por fatos empíricos (WANG, LI, CAO, 2018, p. 55).

Reforça a presença desse paradigma tradicional na formação em Engenharia Civil, as falas que indicam que o desenvolvimento tecnológico, por si só, seja capaz de eliminar desastres e riscos, como afirmou o Entrevistado 1: “as pessoas estão expostas a menos riscos devido a esse ponto, de surgimento de novas técnicas”.

Indagados sobre a Filosofia e as Ciências Sociais e sua importância na formação de engenheiros, todos consideraram importantes, mas deram a entender que se trata mais de disciplinas extras do que algo essencial à sua formação durante o curso. Foi falado repetidas vezes sobre como as ciências humanas podem auxiliar na comunicação e gestão de pessoas, mas não como podem contribuir na tomada de decisões em uma obra, dissociando-as da “técnica”. Exemplo na fala da Entrevistada 3, que diz: “acho muito importante [as disciplinas de Ciências Sociais e Filosofia], eu vejo elas como ótimas ferramentas para o curso, apesar do curso ser considerado, né... uma área mais exata, uma área mais lógica, eu acho que os cursos humanos são muito importantes, justamente por se tratar dessa parte de conscientização, de comunicação”.

O Entrevistado 1 também ilustra essa opinião, quando fala que

[...] você ter essa noção da importância de saber conversar com todas as pessoas que estão relacionadas numa obra, numa construção [...], se você não tem uma boa relação com as pessoas, se você não sabe... levar a sua equipe de trabalho, a diferença que você tem de produção, de andamento da obra, é impressionante.

⁴desenvolveu e recebeu suas atuais características como parte do sistema capitalista, e é uma função que pode ser alterada (tradução do autor).

Com isso, foi possível perceber que todos os entrevistados estabeleceram uma cisão das áreas, mostrando que a engenharia seria um curso “de exatas”, mas que também precisava da comunicação e das ciências sociais. Dessa forma, eles mostraram a Engenharia Civil como um curso com disciplinas separadas, não como se todas elas estivessem em harmonia para garantir uma maior qualidade nas obras e nos projetos.

Assim, a perspectiva dos estudantes sobre os conhecimentos em humanidades e ciências sociais é de que seriam mecanismos para que os saberes técnicos, objetivos, por eles dominados se efetivem e cheguem a todos os interessados. A atuação do profissional de Engenharia não é vista de forma holística e sistêmica, como orientam as Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de Engenharia, mas fracionada entre a produção técnica (atividade principal) e a gestão/comunicação de pessoas (exercício auxiliar).

É importante destacar que os acadêmicos entrevistados não se manifestavam como técnicos ideais, alheios às questões sociais que tangem seu futuro trabalho. A preocupação com a influência financeira nos resultados de um projeto é sinal disso. Outro aspecto, já destacado, é que todos ressaltaram a importância de uma boa comunicação no exercício de sua profissão, pois não basta ter a melhor solução, é necessário ser entendido e ouvido, ou, como declarou uma das futuras engenheiras, é preciso “atingir as pessoas da forma mais didática e acessível possível.” Nesse sentido, destaca-se fala do Entrevistado 1: “Eu acho que esse é um ponto que a gente tinha que desenvolver mais na graduação, que é ter um pensamento mais humano [...], tanto nas questões de pensar o que aquilo que você vai construir vai trazer de benefício para a sociedade, você pensar no lado humano... nas relações de trabalho... nessa área da construção civil [...] a gente vê pouco disso, muito pouco.”

A reflexão feita pelo acadêmico acima aparece também na de seus colegas. Em diversos momentos os estudantes apontaram - mesmo que sem manifestação explícita - que a falta de articulação dos conhecimentos acadêmicos, especialmente pensando a prática profissional, é uma das principais carências do curso. Ao avaliar sua formação, um dos entrevistados declarou que considera o curso bom, “mas é muito voltado, se você pegar a grade curricular, para questões de cálculo, de projeto, de cálculo mesmo.” No mesmo sentido, o Entrevistado 2 disse: “A sensação que eu tinha era que... a gente é meio que preparado assim, a gente faz muito trabalho, mas tem coisa na rotina de engenheiro que a gente não é tão impulsionado assim a fazer [...] muitas vezes a gente fica condicionado a entregar trabalhos.”

A Entrevistada 5, perguntada sobre quais conhecimentos julga mais importantes na formação em engenharia, afirmou: “o conhecimento que (...) não sei se julgo isso como um conhecimento, mas talvez uma habilidade, que acho que a pessoa tem que ter a habilidade de pegar, de se virar.” Ou seja, a acadêmica toca em um dos pontos centrais da engenharia a capacidade para criar e resolver problemas, interferindo na realidade. No entanto, fica claro como ela parte de um modelo tecnicista, mantendo a divisão entre teoria e prática, sendo aquela do campo de sua formação superior, enquanto a aplicação caberia a engenheiras e engenheiros em suas atuações profissionais.

As preocupações éticas e sociais em torno da atuação profissional de engenheiras e engenheiros civis existem e foram repetidamente destacadas. No entanto, são tomadas como questões individuais ou de segunda ordem, não como componentes fundamentais de qualquer ação em engenharia. A complexidade social e o impacto político da tomada de decisões são alheios ao paradigma tecnocrático de suas formações. Assim, dimensões pertinentes à composição de um problema (sustentabilidade, impacto econômico, sujeição a riscos etc.) que antecedem ao ato de engenharia, flutuam de maneira errática, sem receberem a devida atenção e tratamento por parte dos profissionais, por não encontrarem lugar em um determinado paradigma. Ocorre fenômeno semelhante ao que Thomas Kuhn chamou de questão da “incomensurabilidade”, ou seja, a dificuldade ou impossibilidade de comunicação entre certas ideias ou conceitos no seio de modelos técnicos e científicos, apesar de tratarem do mesmo objeto (KUHN, 2018).

Com ênfase na questão da segurança, a engenheira estadunidense Nancy Leveson sustenta a necessidade de se desenvolver novo paradigma, em que fatores sociais, culturais e políticos sejam tratados como parte dos sistemas de engenharia. Estes, enfatiza Leveson, não são meros artefatos tecnológicos, mas reflexos de procedimentos, administração, estrutura e cultura das organizações de engenharia. É necessário que os engenheiros e as engenheiras estejam atentos a como dimensões políticas e éticas (propósitos, objetivos, critérios) são também componentes do processo de engenharia (LEVESON, 2011).

A formação demasiada teórica, que dialoga pouco com situações reais, foi levantada pelos acadêmicos. Como destaca a Entrevistada 5, esse não é um problema apenas da sua formação, mas do nosso sistema educacional como um todo. Dessa forma, muitos declararam suas atividades de estágios curriculares como fundamentais para adquirir segurança e “para ver como são as coisas no real”, afirmou o Entrevistado 1. Tal declaração, a princípio, caminha no mesmo sentido das Diretrizes Curriculares de Engenharia, que

indicam os estágios como forma para que os estudantes “se envolvam efetivamente em situações reais que contemplem o universo da Engenharia” (BRASIL, 2019 b, art. 11, § 2º). A política de formação de engenheiras e engenheiros é clara ao apontarem os estágios como uma etapa de consolidação, ativamente articulada com os aprendizados ao longo do curso. Contudo, o que se percebe nas declarações dos estudantes é um quadro bem diferente, de dicotomia expressa entre formação teórica e atuação prática, como dimensões que pouco dialogam.

6. CONCLUSÃO

Como já foi dito, nenhum dos entrevistados associou diretamente vulnerabilidades sociais aos desastres, riscos e potenciais problemas que se manifestam na construção civil. Isso se mostra preocupante, visto que seria de grande importância que os profissionais da área pudessem atuar frente a esses fatores. É necessário termos ciência de como as desigualdades socioeconômicas colocam parcela da população em grande exposição aos riscos, e que tal processo não se resume apenas a falhas individuais, mas são frutos de condições sistêmicas. A partir do momento que esses acontecimentos são relacionados, a análise e gestão dos riscos podem ser feitas de forma mais abrangente, resultando em alertas mais eficientes, redução das ameaças e inclusão democrática.

É imperativo compreender que acidentes de trabalho, tão frequentes e graves na construção civil, não dizem respeito apenas ao empreendimento e organização no qual o evento ocorreu, mas são questões de interesse coletivo, pois dizem respeito à saúde pública (MALTA *et. al.*, 2017) e ao orçamento do Estado (SANTANA *et. al.*, 2006). Da mesma forma, destaca-se o déficit habitacional de cerca de 6 milhões de moradias, registrado no ano de 2019 (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2021), não atendendo à implementação do direito à moradia, consagrado no Artigo 6º da Constituição Federal brasileira.

As ciências sociais e a filosofia, na formação acadêmica em engenharia, por sua vez, podem ser essenciais para que haja um pensamento crítico, que leve em conta diferentes visões da situação e a complexidade das relações sociais, possibilitando mais respostas que podem ajudar a lidar melhor com as incertezas, por mais que elas não deixem de existir (ASLAKSEN, 2019 b, p. 164). É fundamental que as diferentes áreas que estão presentes na formação de engenheiras e engenheiros sejam consideradas e relacionadas. Como destaca o professor Li Bocong, a engenharia é uma atividade fundamentalmente social, pois se baseia na ideia de “valor de uso” de seus resultados, portanto, uma dimensão ética e política,

pautada em escolhas e fatores sociais que não se resumem apenas aos profissionais da área, mas a toda comunidade afetada e envolvida em um empreendimento de engenharia (LI, 2018).

Constituir novas bases, que incluam um novo vocabulário e questões, que levem em conta questões éticas e sociais, não é apenas uma mudança de ponto de vista na resolução de problemas. Mais que isso, trata-se de incluir novos agentes, percepções e sensibilidades e conceber a engenharia como possibilidade de abertura para outras condições de vida em sociedade.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de Revisão ABNT NBR ISO 31000**. 2018.

AGOPYAN, Vahan. **A engenharia não é uma ciência exata**. Jornal da USP (on-line), 21 de fevereiro de 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/institucional/a-engenharia-nao-e-uma-ciencia-exata/>.

ALMEIDA, Betâmio. **Incertezas e riscos no contexto da Engenharia**. In: Congresso da Água, Lisboa, 2004.

ALMEIDA, Betâmio. **Análise e gestão de risco, a participação da Engenharia**. Ingenium, n. 142, 2014.

ASLAKSEN, Erik. **The Engineering Paradigm**. International Journal of Engineering Studies, v. 5, n. 2, 2013.

ASLAKSEN, Erik. **The Relationship Between Engineers and Society: is it currently fulfilling its potential? An invited discourse**. Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales, v. 148, ns. 455/456, 2015 a.

ASLAKSEN, Erik. **The Future of Engineering**. Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales, v. 148, ns. 457/458, 2015 b.

AVEN, Terje. **Risk Analysis. Assessing uncertainties beyond expected values and probabilities**. Chichester (Ing): John Wiley & Sons, 2008.

BECK. Ulrich. **Sociedade de Risco: rumo a uma outra modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação. **Parecer 01/2019**. Diário Oficial da União. 22 de abril de 2019 a. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=109871-pces001-19-1&category_slug=marco-2019-pdf&Itemid=30192.

BRASIL. Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação. **Resolução 02/2019**. Diário Oficial da União. 26 de abril de 2019 b. Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>.

BRASIL. Ministério da Educação. **Projeto Pedagógico do curso de Engenharia Civil da unidade de Varginha do CEFET-MG**. Varginha, 2019 c.

BYUNG-CHUL Han. **Sociedade da Transparência**. Petrópolis: Vozes, 2017.

COCKELL, Fernanda. **Idosos aposentados no mercado de trabalho informal: trajetórias ocupacionais na construção civil**. Psicologia e Sociedade, v. 26, n. 2, 2014.

COHN, Alain; FEHR, Ernst; MARÉCHAL, Michel. **Business culture and dishonesty in banking industry**. Nature, v. 516, 2014.

COHN, Alain; MARÉCHAL, Michel; NOLL, Thomas. **Bad boys: how criminal identity salience affects rule violation**. Review of Economic Studies, v. 82, 2015.

DO CARMO, José Simão. **Riscos inerentes à construção civil**. In: LOURENÇO, Luciano; DE CASTRO, Fátima. Catástrofes antrópicas. Uma aproximação integral. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2019.

FIGUEIREDO, Elisabete *et al.* Conviver com o risco: a importância da incorporação da percepção social nos mecanismos de gestão do risco de cheia no concelho de Agueda. In: **Anais do VIII Congresso Luso-Afro-Brasileiro de Ciências Sociais**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2004.

FIGUEIREDO, José. **A Engenharia no tempo em que a especialização se dilui na equipa**. Ingenium, n. 145, 2015.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Deficit habitacional no Brasil - 2016-2019**. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 2021.

FURED, Frank. **The only thing we have to fear is the ‘culture of fear’ itself**. Spiked, abril, 2007.

GOMES, Rafael. **A produção social do infortúnio: acidentes incapacitantes na construção civil**. Dissertação (mestrado). Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública – Fiocruz, 2003.

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. Rio de Janeiro: Record, 2004.

JASANOFF, Sheila. **The fifth branch. Science advisers as policymakers**. Cambridge (EUA): Harvard University Press: 1990.

JASANOFF, Sheila. **A new climate for society**. Theory, culture & society, n. 2-3, v. 27, 2010.

- KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2018.
- LEVESON, Nancy. **A new accident model for engineering safer systems**. Safety Science, v. 42, abril, 2004.
- LEVESON, Nancy. **Engineering a safer world. Systems thinking applied to safety**. Cambridge (EUA): MIT Press, 2011.
- LI Bocong. **On relationships between history and philosophy of Engineering**. In: MITCHAM, Carl [ed.]. Philosophy of Engineering. East and West. Boston: Springer, 2018.
- LOURENÇO, Luciano. **Introdução**. In: LOURENÇO, Luciano; AMARO, António [coords.]. Riscos e crises. Da teoria à plena manifestação. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2018.
- LOURENÇO, Luciano; ALMEIDA, Betâmio. **Alguns conceitos à luz da teoria dos riscos**. In: LOURENÇO, Luciano; AMARO, António [coords.]. Riscos e crises. Da teoria à plena manifestação. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2018.
- LUHMANN, Niklas. **Risk: a sociological theory**. Nova Iorque: De Gruyter, 1993.
- MAES, Marc; DANN, Markus; CASPEELE, Robby. **Unknowable unknowns and extremes-beyond-extremes in decision making: myth, apology, or opportunity?** In: International Forum on Engineering decision making, Stoos (Suíça), 2016.
- MALTA, Deborah *et. al.* **Acidentes de trabalho autorreferidos pela população adulta brasileira, segundo dados da Pesquisa Nacional de Saúde, 2013**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 22, n. 1, 2017.
- MENDES José Manuel; TAVARES, Alexandre. **Building Resilience to Natural Hazards. Practices and Policies on Governance and Mitigation in the Central Region of Portugal**. In: MARTORELL, Sebastian *et. al.* [orgs.]. Safety, Reliability and Risk Analysis. Vol. 2, Theory, Methods and Applications. Leiden: CRC Press/Balkema, 2009.
- MENDES, José Manuel. **Sociologia do risco. Uma breve introdução e algumas lições**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2015.
- MENDES, Patrícia Brant. **Percepção de risco ambiental em cortiço vertical: uma metodologia de avaliação**. Universidade de São Paulo. Tese (doutorado). São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, 2006.
- MULLAINATHAN, Sendhil; SHAFIR, Eldar. **Escassez: uma nova forma de pensar a falta de recursos na vida das pessoas e nas organizações**. Rio de Janeiro: Best Business, 2020.
- OLIVEIRA, António. **Análise e gestão do risco e normativos de segurança. O papel do engenheiro**. Ingenium, n. 142, 2014.
- SILVA, Édison; PROENÇA JR., Domício. **Não ser não é não ter: Engenharia não é Ciência (nem mesmo ciência aplicada)**. In: PROENÇA, Adriano *et. al.* Gestão da inovação e competitividade no Brasil: da teoria à prática. Porto Alegre: Bookman, 2015.

SILVEIRA, Marcos A. **Controle e automação**: história e caracterização. In: AGUIRRE, Luis (org.). Enciclopédia de Automática. São Paulo: Edgard Blücher, 2007, v. 1.

SLOVIC, Paul. **Perception of Risk**. Science, n. 4799, v. 236, 1987.

SLOVIC, Paul *et. al.* **Risk as analysis and risk as feelings**: some thoughts about affect, reason, risk, and rationality. Risk Analysis, n. 2, v. 24, 2004.

SZNELWAR, Laerte *et. al.* **Brumadinho**: entre a prudência e probabilidade, a tragédia. Revista Brasileira de Medicina do Trabalho, v. 17, 2019.

TAKAHASHI, Mara *et. al.* **Precarização do trabalho e risco de acidentes na construção civil**: um estudo com base na Análise Coletiva do Trabalho (ACT). Saúde e Sociedade, v. 21, n. 4, 2012.

UNDRR. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Como construir cidades mais resilientes**. Genebra: UNDRR, 2012.

UNDRR. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Global assessment report on disaster risk reduction**. Genebra: UNDRR, 2019.

VALÊNCIO, Norma. **A visão do risco pela sociologia**. In: LOURENÇO, Luciano; AMARO, Antônio [coords.]. Riscos e crises. Da teoria à plena manifestação. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2018.

VALÊNCIO, Norma. **Desastres**: tecnicismo e sofrimento social. Ciência e Saúde Coletiva, n. 9, v. 19, 2014.

WANG Dazhou. **Toward an experimental philosophy of Engineering**. In: MITCHAM, Carl [ed.]. Philosophy of Engineering. East and West. Boston: Springer, 2018.

WANG Guoyu; LI Lei; CAO Xu. **Feasibility and acceptability in Engineering**. In: MITCHAM, Carl [ed.]. Philosophy of Engineering. East and West. Boston: Springer, 2018.

ZILBOVICIUS, Mauro; PIQUEIRA, José; SZNELWAR, Laerte. Complexity engineering: new ideas for engineering design and engineering education. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, 2020.



Resistência à compressão de concretos com agregados reciclados provenientes de construção e demolição: revisão de literatura

Poliana Souza Maia¹

Malheny Vitoria Silva Carvalho²

Ladir Antonio Silva Junior³

Pedro Valle Salles⁴

RESUMO

Com intuito de contribuir com técnicas construtivas mais sustentáveis, nos últimos anos surgiram várias pesquisas experimentais com a substituição do agregado natural em concretos estruturais, por agregados de resíduo de construção e demolição (RCD). Diante disso, esta pesquisa realizou um levantamento bibliográfico de algumas pesquisas nacionais realizadas nesta área, com o intuito de verificar as tendências e divergências de comportamento entre os traços fabricados com RCD e elucidar boas práticas para as futuras pesquisas. Por meio da análise dos resultados, constata-se que o abatimento e a resistência à compressão do concreto são as propriedades mais afetadas negativamente pela substituição do agregado natural pelo agregado de RCD e que para obter um concreto com bom desempenho é necessário adotar medidas que visam melhorar as propriedades perdidas com a incorporação de RCD no concreto. Conclui-se que por meio de boas técnicas é possível produzir concretos com agregados de RCD com valores de resistência à compressão similares ao concreto convencional.

Palavras-chave: Agregado Reciclado. RCD. Substituição de Agregado.

¹Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: polianamaia@hotmail.com.

²Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: malheny.0615886@discente.uemg.br.

³Graduado e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. É engenheiro na Projettari – Engenharia & Arquitetura e também é professor e pesquisador da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: ladir.jr@gmail.com.

⁴Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Mestre e Doutorando em Engenharia Civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET. Atua na Construção Civil e também é professor e pesquisador da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: pedro.salles@uemg.br.

Compressive strength of concrete with recycled aggregates from construction and demolition: literature review

ABSTRACT

In order to contribute to sustainable practices, several experimental studies considering the replacement of natural aggregate in structural concretes by construction and demolition waste (CDW) were performed. This paper presents a literature review of some Brazilian researches carried out in this science area, with the aim of verifying the trends and divergences of behavior of concrete mixes produced with CDW and elucidating good practices for future research. The results obtained by the authors of the analyzed researches states that the slump test and the uniaxial compressive strength were the properties most negatively affected by the replacement of the natural aggregate by the CDW. Then, to obtain a concrete with good performance, it is necessary to adopt procedures to improve the loss of properties with the incorporation of CDW in the concrete. Trough good practices, the production of a concrete with construction and demolition waste with similar property values compared with the conventional concrete is possible.

Keywords: *Recycled Aggregate. CDW. Aggregate Replacement.*

Artigo recebido em: 10/12/2020

Aceito em: 29/04/2021

1. INTRODUÇÃO

As constantes inovações e descobertas na área da construção civil fizeram com que a utilização do concreto se propagasse largamente e possibilitasse o emprego do material em grande escala e com diversas aplicações. De acordo com Pedroso (2009), aproximadamente 11 bilhões de toneladas de concreto são consumidas no mundo, liderando o segundo maior item de consumo por habitante. De acordo com a Federacion Interamericana Del Cemento - FICEM (2018), no ano de 2017 na América latina, foram consumidas 179.469 toneladas de cimento, sendo que no Brasil o consumo per capita de cimento neste mesmo ano foi de 261 kg. Entretanto, esse grande uso traz consigo alguns problemas ambientais ligados à escassez de recursos naturais e à produção de resíduos uma vez que o consumo de cimento de forma indireta, indica o consumo de concreto, que por sua vez, acarreta em grande consumo de agregados.

Grande parte das matérias-primas empregadas na construção civil é oriunda de fontes não renováveis, o que torna o setor um grande consumidor de recursos naturais como também um dos principais geradores de resíduos (ORTEGA, 2014). Segundo Lauriano (2013), o setor da construção civil é responsável pelo consumo de 75% dos recursos naturais, e conforme a Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção – ANEPAC (2015), o consumo de agregados no Brasil em 2014 atingiu 714 milhões de toneladas, o que corresponde a 3,7 toneladas/habitante/ano.

No mesmo ano, segundo o relatório publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2015), a quantidade de resíduo de construção e demolição (RCD) coletada por dia nos municípios brasileiros foi de 122.262 toneladas, que significa 0,603 quilogramas/habitante/dia. A coleta de RCD em 2015 sofreu aumento de 1,19% em relação ao ano anterior e os relatórios dos anos seguintes mostram que houve leve redução no total de RCD descartados sendo que em 2018 foram 122012 toneladas/dia, isso representa queda de 0,2% em relação a 2014 (ABRELPE, 2015, 2016, 2018/2019). Entretanto, os números reais de resíduos de construção e demolição gerados no Brasil são ainda maiores, pois os dados dos relatórios da ABRELPE se referem essencialmente aos resíduos abandonados em locais públicos, já que as construtoras devem descartar o seu RCD em local apropriado.

Diante deste cenário, tanto a demanda por matéria-prima, quanto a geração de resíduos são potenciais causas de diversos problemas ambientais. Dentre os quais pode-se citar os

mais evidentes como a degradação do solo e a poluição do ar e de cursos d'água, é necessário que as empresas do ramo da construção adotem práticas sustentáveis que visem à redução do consumo de recursos naturais bem como evitar o descarte de resíduos que podem voltar para a cadeia produtiva.

Sendo assim, umas das possíveis soluções para isso é reutilizar os resíduos de construção e demolição como agregado no concreto. Entretanto, a variedade da composição dos agregados reciclados de RCD é um obstáculo para a sua aplicação, pois contém diferentes percentuais de concreto, argamassa, materiais cerâmicos e outros elementos constituintes. Além disso, apresentam diferentes granulometrias, massas específicas e porcentagens variáveis de absorção de água (ANGULO, 2000).

Diante disso, esta pesquisa tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o desempenho do concreto com a substituição dos agregados naturais pelo agregado de RCD, tanto para o agregado graúdo, como para o agregado miúdo. Esta pesquisa possui o intuito, por meio da exposição dos resultados experimentais da literatura, de elucidar boas práticas para os futuros trabalhos que possuam o objetivo de estudar esta temática de pesquisa e contribuir com o avanço tecnológico da área.

Para isso, selecionou-se os principais estudos experimentais desenvolvidos no país, com o intuito de entender os diferentes tipos de comportamento do concreto que possui a incorporação de agregados de RCD. O critério de seleção desses trabalhos foi baseado na abrangência e diversidade de resultados, que mostram a grande variabilidade e as possíveis influências que a substituição ou adição de agregado de RCD podem provocar no concreto. Assim sendo, na definição dos estudos experimentais apresentados nesse artigo, não foi dada a maior importância para o ano dos estudos e sim para o tipo de ensaio e os resultados apresentados com o propósito de expor ao leitor desse artigo as variabilidades, as vantagens e desvantagens que a utilização do RCD pode causar na resistência do concreto.

Com intuito de elucidar os leitores sobre o assunto abordado, neste trabalho foi elaborado um breve referencial teórico, com a exposição de conceitos para a fundamentação do tema abordado. Posteriormente são apresentados os estudos experimentais selecionados, destacando seus principais resultados e conclusões. A partir dos resultados obtidos, é realizada uma discussão sobre o assunto, mostrando suas tendências e divergências, indicando as possíveis linhas de pesquisas a serem elaboradas no futuro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Composição do concreto

O concreto é um material formado por mistura de cimento, agregado graúdo, agregado miúdo e água. Além disso, sabe-se que o concreto pode incorporar diversos materiais em sua composição. Segundo Neville e Brooks (2013), o concreto pode ser fabricado com diferentes tipos de cimentos e, além disso, pode conter aditivos, agregados de concreto reciclado, adições minerais, polímeros, cinzas volantes, fibras, sílica ativa e escória de alto-forno. E ainda, de acordo com os mesmos autores, para produzir um bom concreto deve-se atender a dois critérios: boa consistência no estado fresco e boa resistência no estado endurecido.

O agregado natural, segundo Bauer (2008, p.63), é definido como um “material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos”. Além disso, as propriedades dos agregados podem afetar a durabilidade, a resistência e o desempenho estrutural do concreto (NEVILLE, 2016).

O agregado pode ser classificado pela sua granulometria como agregado graúdo e miúdo, sendo mais conhecido respectivamente como brita e areia. A NBR 7211 (ABNT, 2005) faz esta classificação de acordo com o ensaio de granulometria, sendo que o agregado miúdo é aquele cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, e o agregado graúdo é aquele cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm.

2.2 Resíduos da Construção e Demolição: definição e agregado proveniente do RCD

A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – ABRECON (2019) diz que todo resíduo gerado no processo construtivo, de escavação, reforma ou demolição é denominado, tecnicamente, como Resíduo da Construção e Demolição (RCD) ou Resíduo da Construção Civil (RCC). E ainda, segundo a Resolução do CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), esses resíduos são normalmente chamados de entulhos de obra, metralha ou caliça.

É importante ressaltar que a produção desses resíduos traz consigo diversos impactos ao meio ambiente. Segundo Neto *et al.* (2004), a geração de RCD pode causar impactos físicos, econômicos, sociais, ambientais e sanitários. Os impactos ambientais e sanitários se referem à poluição visual, ao assoreamento da várzea de rios e a geração de poeira e ruído durante as etapas de coleta, transporte e tratamento. Os impactos físicos são os danos causados no local do acondicionamento dos resíduos, e interferências no trânsito durante a coleta e o transporte. Os impactos econômicos se referem à desvalorização das áreas ocupadas pelos resíduos e aos gastos para recuperar essas áreas. E os impactos sociais dizem respeito a queda da qualidade de vida da população que vive próxima aos locais de disposição dos entulhos.

O agregado reciclado é um material granular oriundo do beneficiamento de resíduos da construção civil, resíduos estes que apresentam atributos técnicos que permitem a sua utilização em obras de infraestrutura, de edificação, em aterros ou outras obras de engenharia (BRASIL, 2002).

A Resolução do CONAMA nº 307, classifica os resíduos da construção civil em quatro grupos:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (BRASIL, 2002, p.2).

Os resíduos de Classe A podem ser divididos em dois grupos: agregado de resíduo de concreto e agregado de resíduo misto. A NBR 15116 (ABNT, 2004) classifica os resíduos de Classe A de acordo com os seguintes requisitos:

- Agregado de Resíduo de Concreto (ARC): constituído na sua porção graúda de no mínimo 90% em massa de componentes a base de cimento Portland e rochas;

- Agregado de Resíduo Misto (ARM): constituído na sua porção graúda com menos de 90% em massa de componentes a base de cimento Portland e rochas.

A variedade da composição dos agregados reciclados de RCD é um obstáculo para a sua aplicação, pois contém diferentes percentuais de concreto, argamassa, materiais cerâmicos e outros elementos constituintes. Além disso, podem ter diferentes granulometrias, massa específica e porcentagens variáveis de absorção de água. Por tais motivos, antes de empregar agregado reciclado no concreto é necessário estudar as propriedades e a composição do RCD para que seja possível analisar o desempenho do concreto fabricado a partir destes (ANGULO, 2000).

3. RESULTADOS

Nos resultados deste artigo são apresentados seis estudos experimentais encontrados na literatura. A escolha desses estudos foi baseada principalmente em dois parâmetros que são: os resultados de resistência a compressão e trabalhabilidade. Além desses, a variabilidade dos traços utilizados, os tipos de agregados de RCD e processos metodológicos utilizados, também foram fatores importantes para a escolha dos estudos analisados. Cada estudo selecionado mostra uma tendência de comportamento, a partir dos traços e materiais selecionados. Em seguida, verificou-se as tendências e as divergências de comportamento entre os traços estudados, para assim entender o que deve ser analisado no momento de se realizar um estudo experimental com esse tipo de material.

3.1 Bazuco (1999)

Bazuco (1999) realizou um estudo da utilização de agregado graúdo reciclado de concreto para a produção de novos concretos. Com intuito de avaliar o desempenho de diferentes traços de concreto utilizando agregado graúdo reciclado em substituição ao agregado graúdo convencional, foram adotados os seguintes teores de substituição: 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. Observou-se que à medida que os agregados naturais foram sendo substituídos, a taxas crescentes, a porcentagem ideal de argamassa das misturas teve que ser aumentada para se manter a mesma trabalhabilidade e coesão.

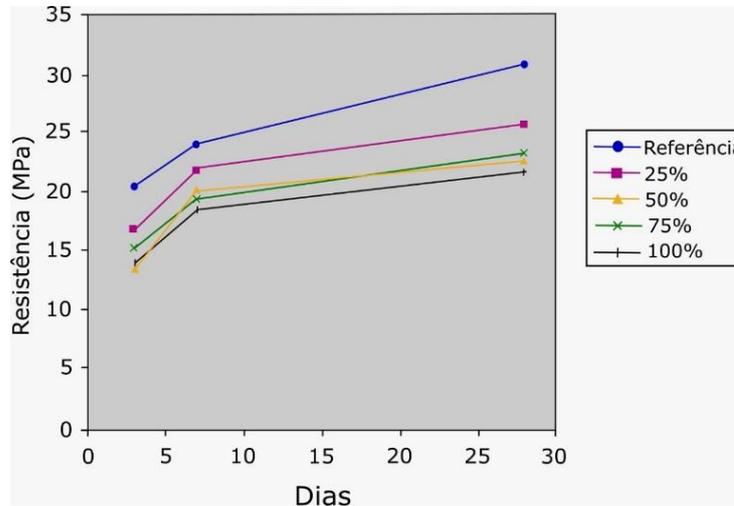
Para a produção dos concretos, o autor confeccionou misturas com os agregados reciclados no estado seco e saturado. Para a confecção dos concretos com agregados

saturados, foi realizado a imersão em água dos mesmos por um período de 24 horas, e antes da sua utilização os agregados foram expostos ao ar por aproximadamente 15 min., com a finalidade de obter a condição saturado com superfície seca. E para a produção dos concretos com agregados secos, optou-se por utilizar os agregados secos ao ar e verificar a umidade dos mesmos a cada mistura.

O autor verificou que conforme aumenta o teor de agregado graúdo reciclado, a resistência do concreto tende a diminuir e explica que, pelo fato de os agregados reciclados terem sido adquiridos a partir de um concreto de baixa resistência (aproximadamente 16,8 MPa), acarretou também uma diminuição da resistência do concreto produzido com esses. Porém, essas reduções não aconteceram de forma linear. O pesquisador observou que para teores de substituição de 25%, há uma tendência de diminuição de resistência de 15% a 20% do concreto.

A Figura 1 mostra a análise realizada pelo autor, da evolução da resistência à compressão de acordo com o teor de substituição de agregado graúdo natural por reciclado.

Figura 1: Resistência à compressão do concreto em função da idade para diferentes percentuais de substituição do agregado



Fonte: Adpatado de Bazuco (1999).

Com base no estudo elaborado pelo autor, não houve diferenças significativas de resistência entre os concretos fabricados com agregados saturados e os concretos produzidos com agregados secos, os dois seguiram os mesmos aspectos de comportamento em relação aos traços realizados e aos teores de substituição.

No que tange a verificação da perda de abatimento, o autor optou por realizar o ensaio para os concretos referência e para os concretos com agregados reciclados secos, haja vista

que os agregados reciclados possuem maior teor de absorção de água e por este motivo poderiam ocasionar maior perda de trabalhabilidade na mistura.

Os resultados do estudo apontam que quanto maior a incorporação de agregados reciclados na mistura, maior a perda de abatimento, da ordem de 15% a 30% após uma hora de mistura, e em relação aos concretos referências as perdas foram em média 15% a 25% maiores. Além das características do agregado reciclado, o autor ressalta que dentre outros fatores que também contribuem para perda de abatimento, uma possível explicação para os resultados é a diferença nos valores de umidade do ar. Os menores resultados de abatimento foram obtidos nos ensaios realizados quando os níveis de umidade do ar estavam mais baixos, o que pode ter causado maior perda de umidade para o ambiente.

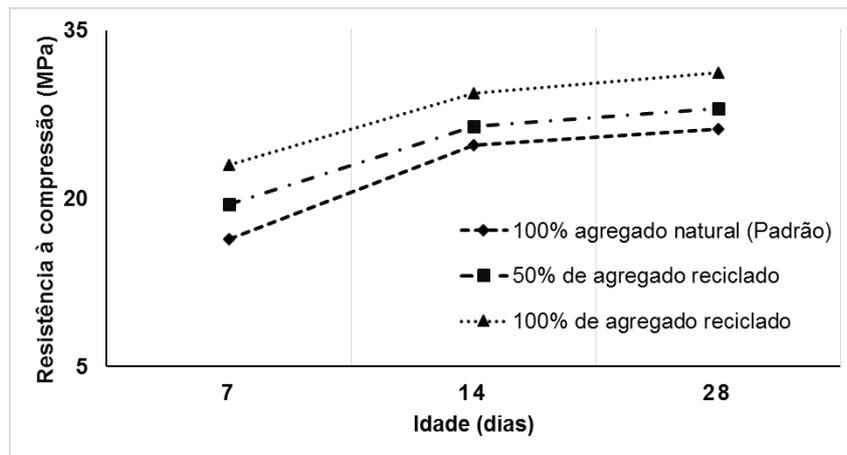
3.2 Borda; Cassol; Bueno (2016)

Borda, Cassol e Bueno (2016) realizaram um estudo de análise da produção de concreto com agregado graúdo reciclado de concreto (AGRC), substituindo total e parcialmente o agregado graúdo natural. Nesse estudo foram elaborados três traços: com 100% de agregado natural (100% AGN - Padrão), com 50% de substituição de agregado natural por agregado reciclado (50% AGRC) e com 100% de substituição de agregado natural por agregado reciclado (100% AGRC), sendo que nos traços contendo AGRC foi incorporado à mistura o aditivo plastificante redutor de água.

Os autores obtiveram como resultado que o traço contendo 100% de AGRC expressou maior nível de resistência à compressão em relação ao confeccionado com agregado natural. Já o concreto contendo 50% de AGRC teve resistência à compressão semelhante ao concreto convencional.

A Figura 2 mostra o resultado obtido pelos autores, da evolução da resistência à compressão de acordo com a quantidade de substituição do agregado graúdo natural pelo reciclado.

Figura 2: Resistência à compressão do concreto em função da idade para diferentes percentuais de substituição do AGRC



Fonte: Boda, Cassol e Bueno (2016).

Segundo Borda, Cassol e Bueno (2016), uma justificativa para o aumento da resistência à compressão dos concretos contendo AGRC é o efeito da hidratação avançada dos compostos cimentícios existente no AGRC. Os autores concluíram que o concreto produzido com agregados graúdos reciclados possui características parecidas, e até superiores, ao concreto convencional e que pode ser utilizado sem perdas nas propriedades estruturais, reduzindo o consumo de recursos naturais e contribuindo para o meio ambiente.

3.3 Leite (2001)

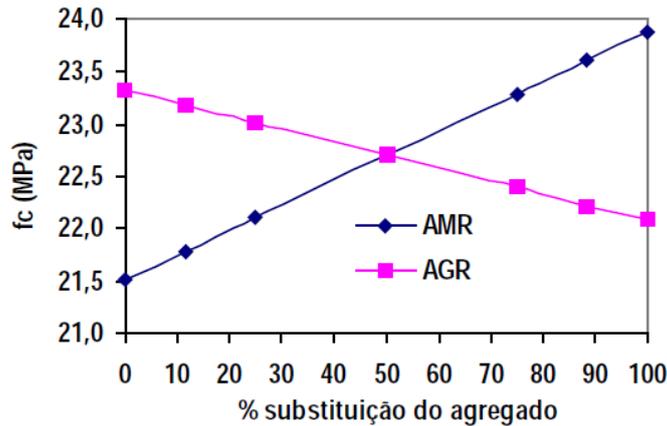
O estudo realizado por Leite (2001) teve como objetivo principal verificar a viabilidade de utilização de RCD na substituição total ou parcial ao agregado natural. Para isso, realizou cinco traços de concreto referência com relações água cimento variando de 0,40 a 0,80 e mais quinze traços com substituição em massa dos agregados miúdos e graúdos naturais por agregados de RCD, em diferentes porcentagens. Além disso, para a confecção dos traços com RCD foi realizado o procedimento de compensação da absorção de água do material e na maioria dos traços utilizou-se o aditivo superplastificante.

Desta forma, Leite (2001), traz uma série de avaliações sobre a influência da substituição do agregado natural pelo RCD e avalia, isolada e conjuntamente, a utilização de agregado miúdo reciclado (AMR) e agregado graúdo reciclado (AGR). A seguir, são citadas algumas constatações e conclusões da autora sobre o abatimento e a resistência do concreto.

Os valores de abatimento do concreto obtidos no estudo mostram que quanto maior o percentual de AGR no concreto, menor é o valor do abatimento. Segundo a autora, estes

resultados estão em conformidade com as expectativas, devido à própria natureza do agregado reciclado que possui superfície mais rugosa e irregular, quando comparado ao natural. Com relação à resistência a compressão, o estudo apontou que o aumento de agregado graúdo reciclado provocou diminuição da resistência, como pode ser visto Figura 3.

Figura 3: Resistência à compressão do concreto em função de percentuais de Substituição de AMR e AGR



Fonte: Leite (2001).

Por meio da análise da Figura 3, pode-se avaliar também que maiores substituições de AMR melhoraram a resistência a compressão. Ao analisar a influência isolada do AMR na mistura, Leite (2001) identificou que o agregado miúdo aumenta a rigidez da matriz do concreto pois promove melhor aderência entre a pasta e o agregado, preenche os vazios e reduz a relação a/c da mistura do concreto.

Para a autora, as principais causas de diminuição da resistência em razão do AGR podem ser atribuídas à porosidade do agregado e à sua menor resistência, além de fatores relacionados a sua forma e textura. O agregado reciclado por ser mais rugoso e possuir maior capacidade de absorção, pode ter maior aderência com a matriz do concreto, uma vez nos poros do agregado podem ocorrer a precipitação dos cristais de hidratação e a absorção da pasta. Esta característica dos agregados reciclados, segundo a autora, pode proporcionar a melhoria da zona de transição entre pasta e agregado, entretanto, o agregado graúdo por ser maior e mais frágil, torna-se o ponto fraco do conjunto onde há mais chance de ocorrer a falha.

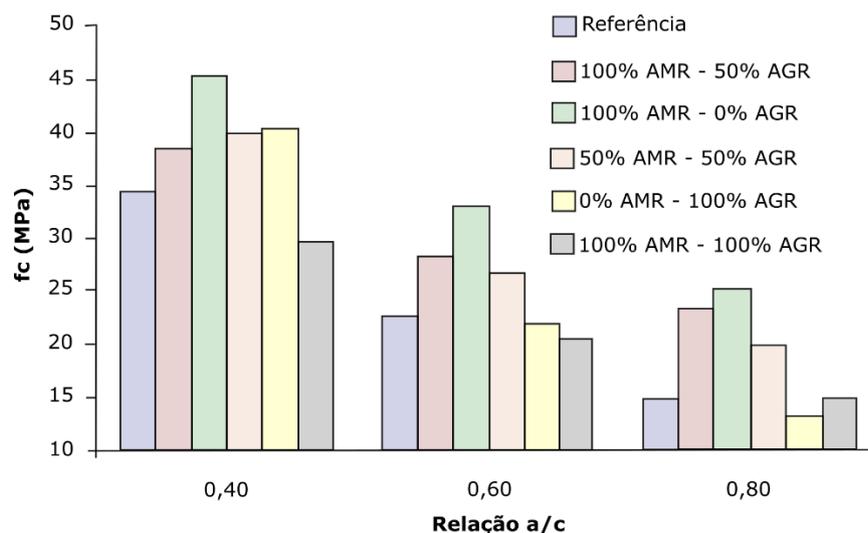
3.4 Vieira & Molin (2004)

Vieira & Molin (2004) desenvolveram uma pesquisa utilizando agregado graúdo reciclado (AGR) e agregado miúdo reciclado (AMR) em substituição dos agregados naturais do concreto. Os agregados reciclados utilizados pelos autores foram provenientes de uma obra de demolição, sendo compostos de um elevado percentual de material cerâmico (cerca de 48%).

Para a análise do comportamento do concreto foi adotado um traço de referência sem a substituição dos agregados naturais para efeito de comparação e foram utilizados três percentuais de substituição: 0%, 50% e 100% de substituição do AGR e do AMR. E para a fabricação do concreto definiram três relações de água/cimento (a/c): 0,40, 0,60 e 0,80. Para evitar a perda de trabalhabilidade da mistura, ocasionada pela alta taxa de absorção de água dos agregados reciclados, os autores utilizaram a compensação de água de 50% da taxa de absorção dos agregados.

Vieira & Molin (2004) analisaram a resistência à compressão aos 28 dias para diferentes teores de substituição dos agregados naturais pelos reciclados e para diferentes relações de a/c, a Figura 4 mostra os resultados obtidos.

Figura 4: Resistência à compressão em função da relação a/c para os diferentes percentuais de substituição do AMR e do AGR aos 28 dias



Fonte: Adaptado de Vieira & Molin (2004).

Por meio da Figura 4 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é possível perceber que em alguns casos houve aumento da resistência e em outros houve diminuição da

resistência. Em relação aos traços com fator $a/c = 0,4$ e $a/c = 0,6$ observou-se a redução da resistência apenas para o traço com 100% de substituição dos agregados graúdos e miúdos, sendo essa redução de 16% e 11%, respectivamente.

O melhor comportamento do desempenho em conjunto de agregados miúdos e graúdos reciclados foi apresentado nos concretos com 100% de substituição de AMR e 50% de AGR, e com 50% de ambos, pois não houve perda de resistência em relação ao traço referência. O ganho foi notado para todas as classes de resistência, sendo o maior valor atingido pelo traço 100% AMR e 50% AGR e relação $a/c = 0,80$, que obteve um aumento de 56% da resistência em relação ao concreto de referência (VIEIRA & MOLIN, 2004).

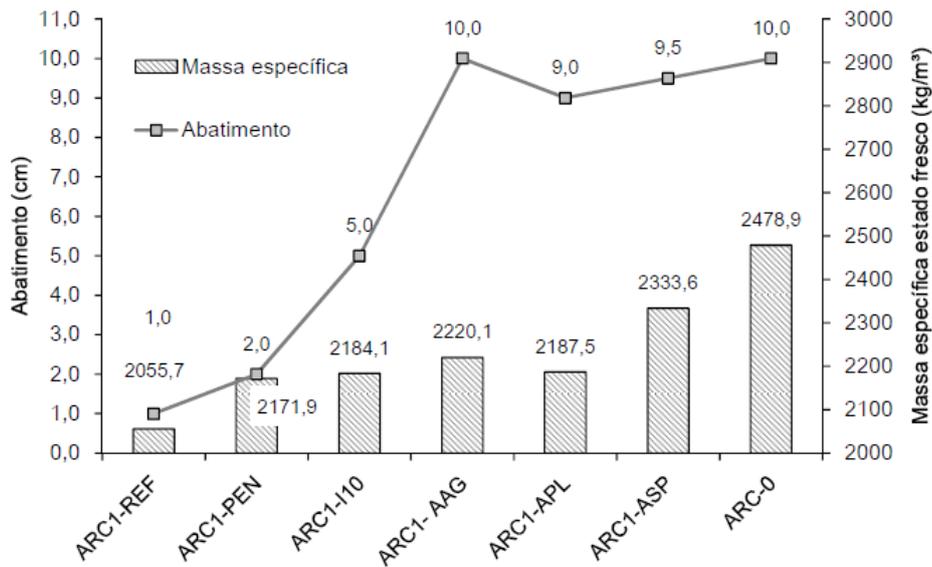
De acordo com os autores, a substituição de 50% de agregado graúdo reciclado e 50% de agregado miúdo reciclado não afeta a resistência à compressão, muito menos a durabilidade do concreto. Entretanto, os traços com 100% de substituição de RCD graúdo ou com a utilização de 100% de RCD graúdo e miúdo podem resultar em concretos com menor resistência ao ataque de agentes agressivos.

3.5 Pelissari (2016)

Pelissari (2016) realizou um estudo com o objetivo de produzir um concreto com resistência à compressão de 30 MPa, com substituição do agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado de concreto (ARC), sendo procedente da britagem de resíduos de concreto no estado endurecido.

Na primeira fase do estudo, Pelissari (2016) avaliou alguns procedimentos para diminuir a absorção da água de amassamento pelo agregado reciclado, que influencia no abatimento do concreto, destacando-se: a pré-saturação do agregado com a própria água de amassamento por 10 minutos antes de acrescentar os demais insumos do concreto, a utilização de aditivo e a adição de água extra para atingir o abatimento calculado. Na Figura 5 são apresentados os resultados do abatimento para a primeira fase do estudo.

Figura 5: 1ª Fase - Resultados de abatimento pelo tronco de cone e massa específica

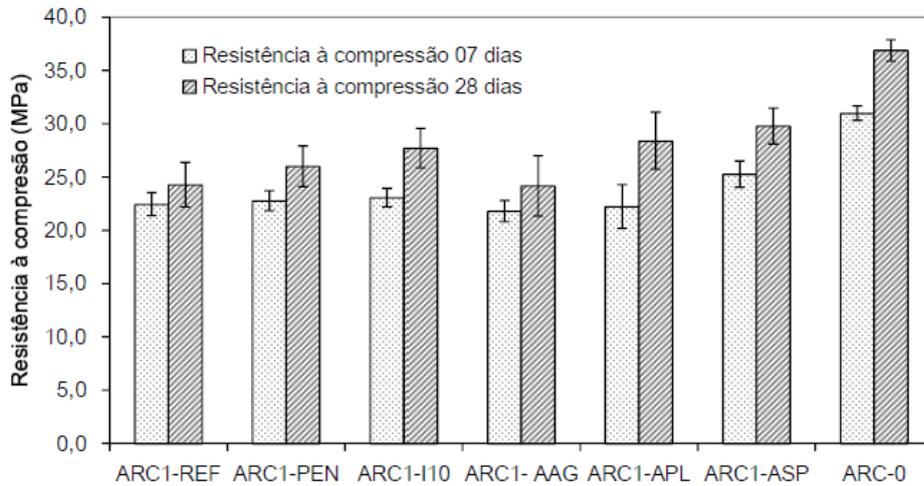


ARC-0: Concreto sem incorporação de ARC, produzido com 100% de agregados naturais.
ARC1-REF: sem nenhum procedimento para reduzir efeito da absorção
ARC1- AAG: adição de água suplementar
ARC1-APL: utilização de aditivo plastificante
ARC1-ASP: utilização de aditivo superplastificante
ARC1-I10: imersão prévia do ARC por 10 minutos
ARC1-PEN: peneiramento prévio do ARC

Fonte: Pelissari (2016).

Pela análise da Figura 5, percebe-se que com relação ao abatimento do tronco de cone, o método que obteve melhor resultado foi o da utilização de água suplementar (ARC1-AAG) com 10,0 cm de abatimento, seguido pela moldagem com uso de aditivo superplastificante (ARC1-ASP) e plastificante (ARC1-APL), respectivamente com 9,5 cm e 9,0 cm de abatimento e por último a moldagem com molhagem prévia com abatimento de 5,0 cm. Além disso, para a primeira fase do estudo, também foram realizados ensaios de resistência à compressão, para os traços analisados. A Figura 6 apresenta o resumo dos resultados obtidos.

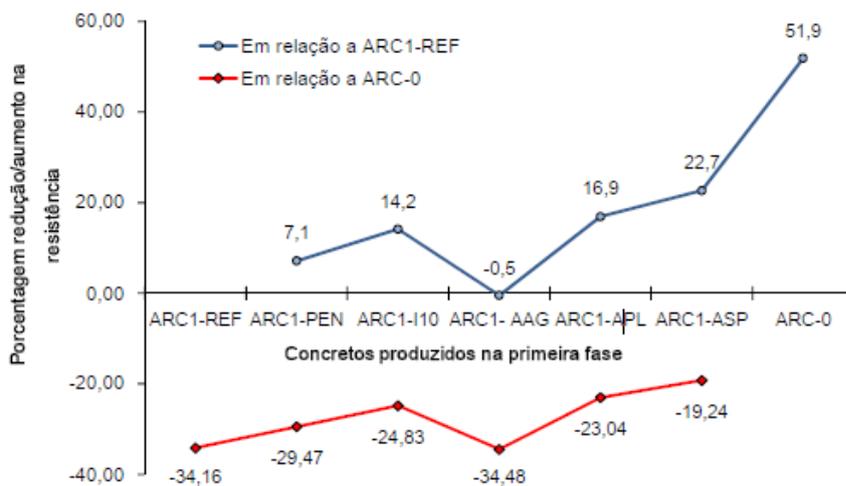
Figura 6: 1ª Fase - Resultados dos testes de resistência à compressão



Fonte: Pelissari (2016).

No que tange a resistência à compressão da 1ª fase, a Figura 6 mostra que nenhum dos concretos fabricados com agregado reciclado atingiu a resistência à compressão de 30 MPa. Em contrapartida, pelo gráfico da Figura 7 que compara as variações de resistência, pode-se observar que houve melhoria dos resultados em relação ao ARC1-REF (concreto com RCD, sem nenhuma estratégia para reduzir o efeito da absorção de água) em todos os concretos, exceto no ARC1-AAG, que em razão do aumento da água de amassamento teve a relação água/cimento teórica de 0,54 aumentada para 0,64. Além disso, nota-se que os maiores ganhos de resistência foram obtidos nos concretos com aditivo.

Figura 7: 1ª Fase - Percentuais de variação nos valores de resistência

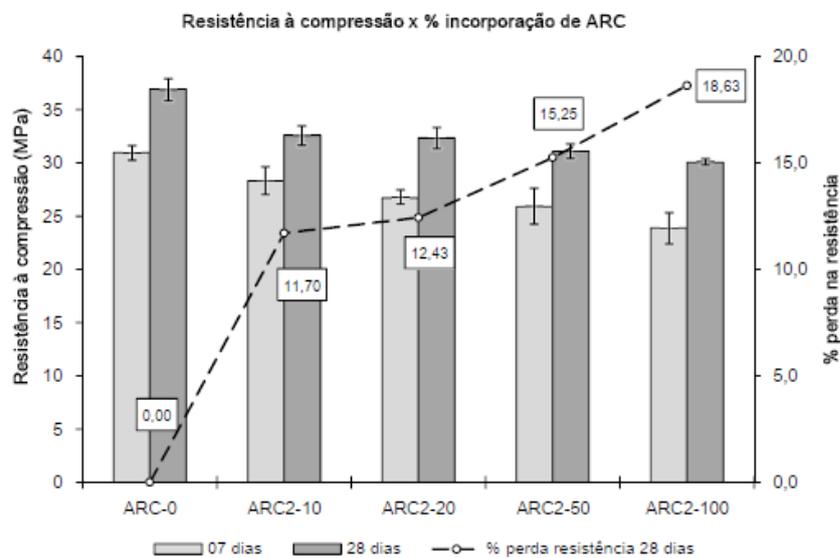


Fonte: Pelissari (2016).

Na segunda fase, Pelissari (2016) fez uma investigação do efeito de diferentes porcentagens de substituição do agregado graúdo natural pelo agregado reciclado, nas

seguintes porcentagens: 10%, 20%, 50% e 100%. A autora utilizou os resultados obtidos na primeira fase para determinar quais procedimentos seriam adotados na segunda fase. Dentre eles, cabe destacar que foi utilizado o aditivo superplastificante e a pré-saturação do agregado graúdo com a água de amassamento por 10 minutos. Para verificar a necessidade de uso do aditivo, foi feito o ensaio do tronco de cone. O aditivo foi usado nos concretos com porcentagem a partir de 20% de RCD, e em todas as moldagens a autora atingiu o abatimento pretendido de 10 cm, sendo que o mínimo registrado foi 10,0 cm. Na Figura 8 são apresentados os resultados de resistência à compressão para os ensaios da segunda fase.

Figura 8: 2ª Fase - Resultados de resistência à compressão



Fonte: Pelissari (2016).

A Figura 8 mostra que todos os concretos atingiram a resistência à compressão predefinida de 30 MPa e que para maiores porcentagens de substituição de ARC, aumentou também a queda de resistência em relação ao traço de referência. Pelissari (2016) afirma que existe uma relação inversa entre a resistência de um material e sua porosidade, justificando assim que para os traços que possuem maior incorporação de ARC, existe um aumento do índice de vazios do concreto, comprometendo a resistência deste. Outro fator citado pela autora é que a perda de resistência também está relacionada à resistência e à relação a/c do concreto que deu origem ao ARC.

3.6 Araújo *et al.* (2016)

O estudo realizado por Araújo *et al.* (2016) utilizou como agregado reciclado resíduos de concreto e argamassa em substituição ao agregado natural graúdo. De acordo com os autores, com o intuito de obter melhor trabalhabilidade do concreto, o material foi peneirado e a porção passante pela peneira de 4,75 mm foi descartada. Para a realização do estudo, os autores definiram o traço referência (Traço -0) e a partir deste, calcularam mais quatro traços com substituição de 19%, 43%, 75% e 100% de brita 0 e brita 1 por RCD e mais um traço com 26% de substituição apenas de brita 1.

Em todos os traços foi feito o uso de aditivo superplastificante com o objetivo de obter um abatimento de 100 mm. Sendo que o ajuste da quantidade foi realizado com base na porcentagem de substituição de agregado reciclado na mistura chegando a 1,2% no traço com 100% de RCD. A partir dos resultados obtidos, pode-se observar que somente os traços com 75% (C-75) e 100% (C-100) de RCD não tiveram resultado de abatimento do concreto dentro do intervalo determinado, sendo respectivamente 215 mm e 70 mm. Os autores não identificaram uma razão para o resultado do traço C-75.

Tabela 1: Resistência à compressão do concreto

	Substituição (%)	$f_{cm,j=7}$ (MPa)	$f_{cm,j=28}$ (MPa)
C-0	0	26,95 ± 4,02	36,39 ± 1,56
C-19	19	33,97 ± 1,39	41,23 ± 0,59
C-43	43	32,79 ± 3,55	39,60 ± 1,98
C-75	75	29,34 ± 1,52	35,79 ± 0,48
C-100	100	28,77 ± 1,38	38,30 ± 1,07
CT-26	26	32,75 ± 1,70	37,82 ± 1,39

Fonte: Adaptado de Araújo *et al.* (2016).

A Tabela 1 mostra os resultados de resistência à compressão dos concretos produzidos. Os valores de resistência aos 7 dias, apontam que houve ganho de 75% da resistência aos 28 dias no traço C-100 e cerca de 83% no restante dos traços. Os autores concluíram que esses resultados podem ser atribuídos a absorção de água pelos agregados graúdos, que é liberada mais tarde favorecendo a hidratação do cimento. Aos 28 dias a menor resistência à compressão foi obtida no traço com 75% de RCD e foi também o único que obteve resultado menor que o traço referência C-0; já maior resistência foi obtida no traço com 19% de RCD.

Para verificar se a porcentagem de substituição do agregado natural por RCD influenciou nos resultados das propriedades mecânicas do concreto, Araújo *et al.* (2016)

realizaram o teste de comparações múltiplas de médias. Os resultados apontam que é admissível a utilização de 100% de agregado reciclado para produção de concreto estrutural e que os valores de resistência são próximos aos do concreto de referência, considerando o traço do estudo realizado. Entretanto os autores apontam que estas conclusões divergem dos estudos anteriores, que relatam diminuição de resistência, e afirmam que o principal motivo para esse contraste é devido às características do agregado reciclado, uma vez que Araújo *et al.* (2016) utilizaram um RCD com escassa quantidade de material cerâmico e com valores de massa específica maior do que os estudos comparados.

No que diz respeito ao traço CT-26 (com 26% de RCD), Araújo *et al.* (2016) realizaram tratamento do agregado reciclado para obter grãos com características melhores. O RCD foi separado mecanicamente no equipamento de abrasão “Los Angeles” onde se obteve uma taxa de recuperação de 53%. Desta forma, os autores obtiveram um agregado reciclado com maior massa específica e menor absorção, quando comparados com o agregado não tratado, sendo estas as razões apontadas pelos autores para o menor consumo de aditivo em relação aos outros traços.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Por meio dos estudos analisados, percebe-se que as propriedades do concreto mais afetadas pela substituição do agregado natural pelo agregado de RCD são a trabalhabilidade e a resistência à compressão.

Em relação ao ensaio de abatimento de tronco de cone, é possível observar que em todos os estudos citados nesta pesquisa, o concreto contendo agregado proveniente de RCD tende a apresentar um menor abatimento quando comparado com o concreto produzido com agregados naturais. Observando os dados analisados, pode-se dizer que tal fato ocorre em razão da maior porosidade do agregado de RCD, como pode-se observar nos estudos de Bazuco (1999), Leite (2001), Pelissari (2016) e Araújo *et al.* (2016). Além disso, pode-se afirmar que quanto maior a porcentagem de substituição do agregado natural pelo agregado de RCD, maior é a perda de trabalhabilidade da mistura, como visto nos estudos de Bazuco (1999) e Leite (2001).

Diante disso, para melhorar o abatimento do concreto contendo RCD existem algumas medidas adotadas na fabricação desses, como visto nos trabalhos citados, pode-se adotar a pré-saturação dos agregados de RCD – conforme utilizado por Bazuco (1999) e Pelissari

(2016), a compensação de água – adotada por Vieira & Molin (2004), Leite (2001) e Pelissari (2016) e/ou adicionar aditivos às misturas – conforme trabalhos de Leite (2001), Borda, Cassol e Bueno (2016), Pelissari (2016) e Araújo *et al.* (2016). A escolha de qual procedimento a ser adotado depende das condições do agregado reciclado, do desempenho que se pretende alcançar com os concretos contendo RCD, e do ponto de vista econômico, visto que a incorporação de aditivos pode aumentar o custo final do concreto.

Em contrapartida, existem dificuldades de se realizar a pré-saturação dos agregados no canteiro de obras, visto que seria necessário um maior controle no processo de fabricação para garantir a adequada pré-saturação do agregado de RCD. Ademais, para atingir um grau de saturação específico do RCD, é necessário que haja um profissional habilitado para tal função e equipamentos adequados, o que aumenta o grau de complexidade deste procedimento.

No que tange ao procedimento de compensação de água, o aumento da quantidade de água na mistura pode promover o aumento da relação a/c e reduzir a resistência do concreto. Como pode ser visto no estudo de Pelissari (2016), o traço que utilizou água suplementar obteve uma queda de resistência em relação ao traço sem nenhuma estratégia para reduzir o efeito da absorção de água.

A não adição de água na mistura também altera a relação a/c disponível para a cristalização do cimento, uma vez que o agregado de RCD é mais poroso, ele acaba absorvendo maior quantidade de água, quando se compara com o agregado natural. Tal afirmação pode ser considerada com os resultados de porosidade obtidos por de Bazuco (1999), Leite (2001), Pelissari (2016) e Araújo *et al.* (2016) e pela perda de trabalhabilidade nos traços com agregado de RCD, obtidas por Bazuco (1999) e Leite (2001).

Diante dos resultados analisados, pode-se dizer que a incorporação de aditivo superplastificante na mistura é a melhor estratégia para melhorar o abatimento do traço com RCD. Pois observando os resultados da primeira fase do estudo de Pelissari (2016), pode-se perceber que o traço de RCD com adição de aditivo superplastificante obteve um ganho de resistência, quando comparado com o traço de RCD sem nenhuma medida para melhorar o abatimento. Sendo que o traço de RCD com aditivo superplastificante foi o que obteve menor perda de resistência, quando comparado ao traço referência, com agregado natural.

Considerando que a incorporação de aditivo pode aumentar o custo do concreto, é possível adotar uma estratégia para reduzir o consumo desses, conforme visto no trabalho

de Araújo *et al.* (2016) para que seja possível reduzir o consumo de aditivo nos traços contendo agregado de RCD é necessário realizar o tratamento do agregado, para que haja maior massa específica e menor absorção de água.

Em relação aos resultados de resistência à compressão dos estudos analisados, observa-se que houve variação no comportamento dos concretos, ora apresentando aumento da resistência com a incorporação de agregado de RCD e outrora a redução da resistência. O Quadro 1 fornece um resumo dos resultados encontrados por cada autor.

Quadro 1: Resultados de resistência à compressão obtidos aos 28 dias

Autores	Tipo de RCD e % de substituição	Resultados
Bazuco (1999)	Agregado graúdo reciclado de concreto. Substituição: 0%, 25%, 50%, 75% e 100%.	Redução da resistência a compressão conforme aumenta-se o teor de agregados graúdos reciclados, sendo que a utilização dos agregados no estado seco ou saturado não ocasionou em diferenças significativas nos resultados de resistência.
Borda, Cassol e Bueno (2016)	Agregado graúdo de concreto (AGRC) Substituição: 50% e 100%.	Aumento de resistência no traço contendo 100% de agregado graúdo reciclado em relação ao concreto com agregado natural.
Leite (2001)	Agregado graúdo misto com 26,33% de material cerâmico. Substituição: 0%, 11,5%, 50%, 88% e 100%.	Redução da resistência com o aumento do agregado graúdo reciclado e aumento da resistência com maiores substituições do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo de RCD.
Viera & Molin (2004)	Agregado graúdo reciclado (AGR) com 48% de material cerâmico. Substituição: 0%, 50% e 100%.	Houve perda de resistência em alguns traços, entretanto a maioria dos traços obtiveram resistência maior ou próxima à do concreto referência.
Pelissari (2016)	Agregado graúdo reciclado de concreto (ARC). Substituição: 10%, 20%, 50% e 100%.	Na 2ª fase do estudo, todos os traços com substituição do agregado graúdo natural pelo agregado reciclado de RCD alcançaram a resistência predefinida, sendo que para as maiores porcentagens de substituição de RCD, houve redução da resistência em relação ao traço referência.
Araújo <i>et al.</i> (2016)	Agregado graúdo reciclado de concreto e argamassa. Substituição: 0%, 19%, 26%, 43%, 75% e 100%.	Todos os traços, com exceção do traço com 75% de RCD graúdo, obteve resistência maior que a do concreto referência.

Fonte: Autoria própria (2020).

Analisando os dados do Quadro 1, observa-se a redução da resistência nos concretos contendo agregados de RCD nos estudos de Bazuco (1999), Leite (2001) e Viera & Molin (2004). Os motivos para essa redução são semelhantes, sendo justificados pela composição

dos agregados de RCD, que possuem baixa resistência, alta porosidade, textura mais rugosa, e elevada composição de materiais cerâmicos, contribuindo assim para a redução da resistência dos concretos fabricados com esses agregados.

Outro ponto relevante é que nos estudos de Bazuco (1999), Leite (2001) e Viera & Molin (2004), observou-se que quanto maior a incorporação de agregado graúdo de RCD, maior foi a perda de resistência dos concretos. Em contrapartida nos estudos de Leite (2001) e de Viera & Molin (2004), nos traços contendo maiores teores de substituição do agregado miúdo natural pelo de RCD, a resistência à compressão dos concretos aumentaram.

Analisando os resultados dos trabalhos de Borda, Cassol e Bueno (2016) e Araújo *et al.* (2016), pode-se observar uma divergência em relação aos estudos citados anteriormente. Uma vez que a incorporação de agregado graúdo reciclado de RCD promoveu o aumento da resistência à compressão. O motivo para esse comportamento está relacionado às características do agregado de RCD, sendo que estes autores utilizaram agregado proveniente de resíduos de concreto, possuindo escassa quantidade de material cerâmico, menor porosidade e maior resistência, quando comparado aos agregados graúdos de RCD das demais pesquisas.

Pelissari (2016) também se utilizou do ARC em substituição do agregado graúdo natural, sendo que analisando seus resultados pode-se perceber que para todos os traços com substituição do agregado natural por agregado de RCD, foi possível atingir a resistência de projeto. Entretanto, ao comparar os traços produzidos com ARC com o traço referência, observa-se que todos alcançaram resistência à compressão menor que a do traço referência. Tal fato pode ser justificado pela maior porosidade e menor resistência do concreto que deu origem ao ARC utilizado nesta pesquisa, quando se compara aos trabalhos de Borda, Cassol e Bueno (2016) e Araújo *et al.* (2016).

5. CONCLUSÃO

Observa-se por meio dos estudos analisados que os concretos fabricados com agregados de RCD possuem comportamentos distintos em razão da variedade da composição desse material, o que justifica a necessidade de aprimorar os estudos existentes sobre a utilização do RCD como agregado no concreto.

Sendo assim, recomenda-se que as pesquisas voltadas para essa área realizem um estudo do tipo de RCD a ser incorporado no concreto, e adotem medidas que possam melhorar o desempenho desses traços.

Em relação ao abatimento, é necessário realizar um estudo prévio para analisar a condição do agregado reciclado e definir o procedimento mais adequado para melhorar o abatimento, de forma que não ocasione a alta redução da resistência final do concreto.

Conclui-se que é possível fabricar concretos com agregados reciclados com valores de resistência semelhante ou até mesmo superiores ao do concreto convencional, e que isso está diretamente ligado à qualidade do agregado proveniente de RCD.

Além disso, a substituição dos agregados naturais pelos agregados de RCD podem promover a atenuação dos impactos ambientais por meio da redução do consumo de recursos naturais e da diminuição do volume de resíduos de construção e demolição, além de evitar o descarte inadequado dos RCD.

REFERÊNCIAS

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 172. 2000.

ANGULO, S. C.; FIGUEIREDO, A. D. D. **Concreto com agregados reciclados**. In: ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Ibracon, 2011. Cap. 47

ARAÚJO, D. de L. *et al.* Influência de agregados reciclados de resíduos de construção nas propriedades mecânicas do concreto. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v.11, n. 1, p. 16-34, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. São Paulo, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**. São Paulo, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – ABRECON. **O que é entulho?** Disponível em: <https://abrecon.org.br/entulho/o-que-e-entulho/>. Acesso em: 30 mar. 2020.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO – ANEPAC. **O Mercado de Agregados no Brasil.** São Paulo, p. 11. 2015.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, v. I, 2008.

BAZUCO, R. S. **Utilização de agregados reciclados de concreto para produção de novos concretos.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 128. 1999.

BORDA, W. F. D.; CASSOL, G.; BUENO, L. D. S. Confecção de concreto com utilização de agregado reciclado. **Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia,** Foz do Iguaçu, Setembro 2016.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002.** Ministério do Meio Ambiente. Brasil. 2002.

FEDERACION INTERAMERICANA DEL CEMENTO (FICEM). **Informe Estadístico 2018.** Bogotá, Colombia. 2018

LAURIANO, L. A. **Como anda a gestão da sustentabilidade no setor da construção?** Fundação Dom Cabral. Nova Lima, p. 49. 2013.

LEITE, M. B. **Avaliação das propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 290. 2001.

NETO, J. da C. M. *et al.* Impactos causados pelos resíduos de construção e demolição no meio ambiente urbano. **Anais do Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável,** Florianópolis, 2004.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto.** 5.ed. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda, 2016.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto.** 2.ed. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda, 2013.

ORTEGA, S. G. **Sustentabilidade na construção civil:** significados, práticas e ideologia. Organizações e Sustentabilidade, Londrina, v. 2, p. 112-137, junho 2014.

PEDROSO, F. L. **Concreto:** as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Concreto e Construções,** São Paulo, p. 14-19, 2009.

PELISSARI, V. **Propriedades de concretos produzidos através da utilização de agregados reciclados de concreto.** Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, p. 122. 2016.

VIEIRA, G. L.; MOLIN, D. C. C. D. **Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Ambiente Construído, Porto Alegre, p. 47-63, 2004.



Desenvolvimento de um protótipo de trocador de calor casco e tubo para aquecimento de caldo decantado

Alexsander Saves dos Santos¹

Douglas Almeida Teixeira²

Fernanda Cristina Siqueira³

RESUMO

A principal função do trocador de calor é a troca térmica entre fluidos que apresentam temperaturas opostas. Este projeto visa a produção de um trocador de calor casco e tubo para aquecer o caldo decantado de forma que o aquecimento deste caldo elimine as impurezas do processo de moagem. Através do método analítico da Média Logarítmica das Diferenças de Temperaturas (MLDT), da taxa de transferência de calor e da temperatura externa do tubo, foi possível medir com precisão a eficiência do trocador de calor, considerando que um trocador de calor de correntes opostas, nas mesmas condições de um equipamento de correntes paralelas, será sempre mais eficiente. Após o término da construção e realização de todos os testes de funcionamento e eficiência do equipamento, concluiu-se que o protótipo apresentou resultados altamente satisfatórios, atendendo aos padrões esperados.

Palavras-chave: Caldo. Protótipo. Trocador de Calor.

¹Graduado em Física pelo Centro Universitário de Votuporanga – UNIFEV e em Pedagogia pela Faculdade da Aldeia de Carapicuíba – FALC. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Brasil, ICESP. É professor nos Cursos de Engenharia Química e Medicina da Universidade Brasil, ICESP, Campus Fernandópolis, SP, Brasil. E-mail: saves.santos@gmail.com.

²Graduando em Engenharia Química pela Universidade Brasil, ICESP, Campus Fernandópolis, SP, Brasil. E-mail: douglasteixeira404@gmail.com.

³Graduanda em Engenharia Química pela Universidade Brasil, ICESP, Campus Fernandópolis, SP, Brasil. E-mail: fernanda.siqueira10@etec.sp.gov.br.

Development of a shell and tube heat exchanger prototype for heating decanted broth

ABSTRACT

The main function of the heat exchanger is the thermal exchange between fluids that have opposite temperatures. This project aims to produce a shell and tube heat exchanger for heating decanted broth so that the heating of this broth eliminates the impurities from the grinding process. Through the analytical method of the Logarithmic Mean Temperature Difference (LMTD), the heat transfer rate and the external temperature of the tube, it was possible to accurately measure the efficiency of the heat exchanger, considering that a heat exchanger of opposite currents in the same conditions as a parallel currents equipment will always be more efficient. After finishing the construction and carrying out all the tests of operation and efficiency of the equipment, it was concluded that the prototype presented highly satisfactory results, meeting the expected standards.

Keywords: *Broth. Prototype. Heat Exchanger.*

Artigo recebido em: 22/08/2020

Aceito em: 18/01/2021

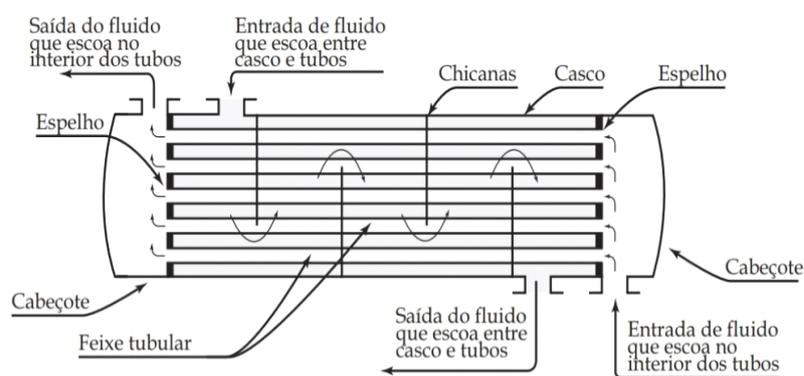
1. INTRODUÇÃO

Os primeiros protótipos de trocadores de calor foram desenvolvidos no ano de 1900 para satisfazer as necessidades das usinas de energia. Naquela época, as pesquisas se concentraram nos aspectos mecânicos e de manufatura destes equipamentos. Já nos anos de 1920 e 1930, alguns trabalhos desenvolvidos para a indústria do petróleo levaram a aprimoramentos da tecnologia. Nas duas décadas seguintes, o foco das pesquisas visou melhorias nas trocas térmicas e nos aspectos mecânicos (CAJAMARCA, 2016).

Os trocadores de calor usados pelos engenheiros químicos não podem ser caracterizados por um único modelo; e, na realidade, a variedade deste equipamento é praticamente infinita. Entretanto, uma característica comum à maior parte dos trocadores de calor é a transferência de calor de uma fase quente para uma fase fria com as duas fases separadas por uma fronteira sólida (FOUST, 2013).

De acordo com Gauto (2011) existem trocadores de calor que empregam a mistura direta dos fluidos, como, por exemplo, torres de refrigeração e aquecedores de água de alimentação. Porém, são mais comuns os trocadores nos quais os fluidos são separados por uma parede ou uma partição através da qual passa o calor.

Figura 1: Modelo de um trocador de calor casco e tubo



Fonte: COELHO (2016).

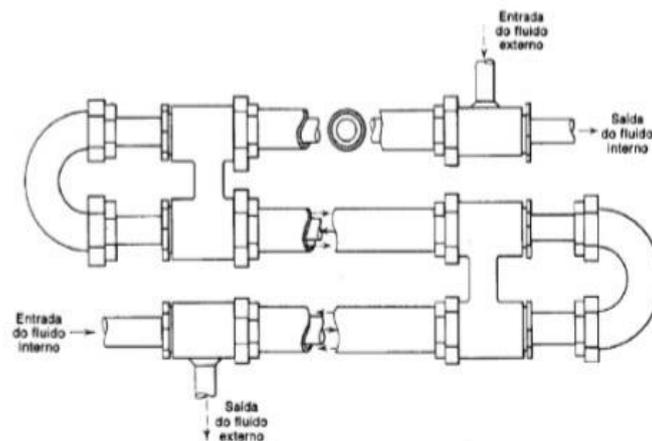
Segundo Coelho (2016), os trocadores de calor de casco e tubos representados na Figura 1 constituem-se de um casco, ou carcaça, contendo em seu interior um banco de tubos circular. Os tubos são presos por chicanas. Nas extremidades do equipamento, estão os cabeçotes por onde entram e saem os fluidos. Os eixos dos tubos são paralelos ao eixo do casco. Um dos fluidos passa por dentro dos tubos e o outro pelo exterior, ou seja, esse

segundo fluido escoam pelo casco. Esses fluidos, tendo temperaturas diferentes, trocam calor entre si.

As direções dos fluidos podem ser concorrentes: o fluido que passa no interior dos tubos entra pela mesma extremidade por onde entra o fluido que passa pelo casco; ou contracorrentes: as entradas dos dois fluidos estão em extremidades diferentes (TERRON, 2012).

Segundo Foust (1982) o tipo mais simples de trocador de calor é o trocador tubular mostrado na Figura 2. Em essência, esse trocador é constituído por dois tubos concêntricos, com um dos fluidos escoando pelo tubo central enquanto o outro flui em corrente paralela ou em contracorrente no espaço anular. O comprimento de cada seção do trocador é usualmente limitado às dimensões padronizadas do tubo, de modo que é necessária uma superfície maior. Os materiais de construção são diversos, dependendo dos fluidos do processo.

Figura 2: Trocador de calor tubular



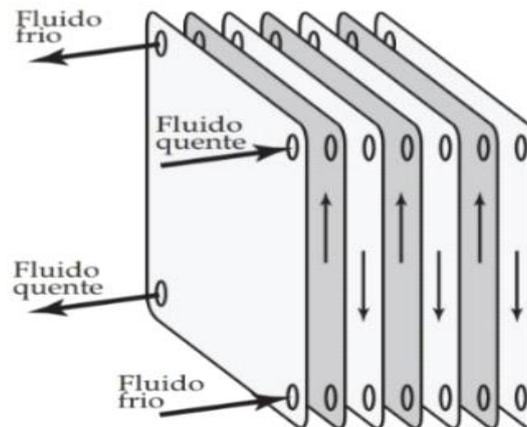
Fonte: FOUST (1982).

O trocador de placas consiste num suporte em que placas independentes do metal, sustentadas por barras, são presas por compressão entre uma extremidade móvel e outra fixa. Entre placas adjacentes formam-se canais pelos quais os fluidos escoam (GAUTO, 2011).

Para Gut (2003), o trocador de calor a placas ou PHE (do inglês, *Plate Heat Exchanger*), mostrado na Figura 3, consiste no escoamento dos fluidos através de canais formados entre placas metálicas sequenciais presentes no equipamento. O PHE consiste em um conjunto de placas de aço inoxidável comprimidas em um pedestal, feito de aço carbono. As placas possuem gaxetas para garantir o total isolamento dos fluidos no sistema e quatro

orifícios de passagem de fluidos quente e frio. Esta sequência de placas com orifícios permite a formação de quatro canais paralelos, os quais, por sua vez, possibilitam a passagem alternada dos fluidos, o que possibilita a ocorrência da troca de calor deste equipamento através da superfície destas placas (WANG; SUNDÉN; MANGLIK, 2007).

Figura 3: Trocador de placas paralelas



Fonte: COELHO (2016).

Uma das aplicações do trocador de calor se dá no processo de produção de açúcar, sendo utilizado na pré-evaporação do caldo decantado. Segundo Ribeiro (2003), caldo clarificado ou decantado é o caldo que saiu do decantador para eliminação das impurezas (lodo) contidas nele. A clarificação simples é o método mais antigo de purificação do caldo. Este tratamento, à base de cal e calor, forma um precipitado pesado de composição complexa, no qual parte é mais leve e parte é mais pesada do que o caldo. Esse precipitado floculante leva consigo a maior parte do material fino que está no caldo e que não foi extraído pelas peneiras no setor de moagem. A separação deste precipitado é feita por sedimentação e decantação.

Normalmente, a clarificação é atingida pelo aquecimento do caldo a aproximadamente 105°C e, em seguida, a adição de leite de cal para atingir um pH na faixa de 6,8 a 7,2. O caldo assim é enviado a um decantador para promover o processo de decantação. É na decantação que decorre a precipitação dos flocos formados, eliminados pelo fundo do decantador na forma de lodo. O caldo clarificado sai pela parte superior das bandejas, agora livre da maior parte das impurezas encontradas no caldo primário ou misto (GOMES, 2016).

O tratamento do caldo fornece um caldo clarificado. Este caldo é o açúcar dissolvido na água, com certas impurezas. Como já se eliminou parte das impurezas, é preciso evaporar a água. Essa é a finalidade da evaporação (RIBEIRO, 2003).

Tendo em vista o exposto acima, este projeto visa a elaboração de um protótipo de trocador de calor casco e tubo aplicado ao aquecimento de caldo decantado para eliminação das impurezas do processo de moagem, bem como a análise de eficiência do equipamento e dos parâmetros de qualidade do caldo clarificado.

2. METODOLOGIA

Esse projeto foi realizado no município de Fernandópolis-SP, sendo baseado no sistema operacional da Usina Coruripe S/A, filial de Carneirinho-MG, situada na fazenda Bom Sucesso S/N.

A pesquisa desenvolvida foi experimental de natureza quali-quantitativa, em que se buscou reproduzir um protótipo, em menor escala, do trocador de calor, utilizado na usina, para o aquecimento do caldo decantado. A Figura 4 mostra as etapas do desenvolvimento do protótipo.

Figura 4: Etapas do desenvolvimento do projeto



Fonte: Autoria própria.

2.1 Montagem do trocador de calor

Os materiais utilizados para a confecção do trocador foram adquiridos através de doações da referida usina e por meio de recursos próprios, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Materiais utilizados para confecção do trocador de calor

Nome do Material	Quantidade	Unidade	Vr. unitário (R\$)	Vr. total (R\$)
Acrílico	0,565	m ²	0,00	0,00
Broca 6,35m	2	un	9,20	18,40
Chapa 3mm	0,565	m ²	0,00	0,00
Cola de Vedação	90	g	0,00	0,00
Cotovelo ½’’ PVC	5	un	0,86	4,30
Curva 1½’’	6	un	0,00	0,00
Eletrodo inox 309	3	kg	0,00	0,00
Luva ½’’ PVC	2	un	0,60	1,20
Parafuso 12mm	12	un	0,00	0,00
Termômetro	4	un	25,135	100,54
Tinta Spray Metálica Alta Temperatura	0,9	L	18,50	18,50
Tubo ½’’ PVC	1	m	5,20	5,20
Tubo 1½’’	1,2	m	0,00	0,00
Tubo 6’’ inox	1	m	0,00	0,00
Tubo Cobre 6,35m	18	m	8,88	160,00
Válvula ½’’ inox	1	un	9,40	9,40
Válvula ½’’ PVC	2	un	6,00	12,00
Válvula 1½’’	1	un	19,20	19,20
TOTAL				348,74

Fonte: Autoria própria.

Para o início da construção, utilizou-se 60 tubos para fabricação do feixe tubular do trocador de calor, calculado pela Equação 1:

$$n = \frac{A_e}{2 \cdot \pi \cdot r_e \cdot L} \quad (1)$$

onde, n é o número de tubos, A_e é a área necessária, r_e é o raio externo dos tubos e L é o comprimento.

Através de 18 m de tubos de cobre com 6,35 mm de diâmetro foram realizados cortes com 295 mm de comprimento para confecção do feixe tubular. Elaboraram-se os cortes de 2 m de tubo com 32 mm de diâmetro para fazer a entrada do fluido quente no trocador de calor.

Com a posse dos materiais, realizou-se um corte em um tubo de inox de 145 mm de diâmetro com 350 mm de comprimento. Em seguida, foi realizado um novo corte em 3 chapas de 3 mm com 145 mm de diâmetro e, com a utilização de uma broca de 6,35 mm, fez-se uma perfuração no espelho. Houve a divisão das chicanas e a soldagem dos espelhos nas extremidades do tubo.

Os tubos de cobre foram inseridos na perfuração do espelho, no qual foi feito anteriormente o mandrilhamento dos tubos para evitar a mistura dos fluidos. Cortou-se um flange de 145 mm de diâmetro para fazer o fechamento do equipamento.

Realizou-se um corte em uma chapa de 35 mm para fazer a separação do trocador de calor em 6 passes. O acrílico, com 160 mm de diâmetro, foi cortado para fabricação da tampa do equipamento e proporcionar visibilidade das etapas de passagem do fluido frio. Fez-se as instalações das conexões de entrada e saída do fluido frio e instalada a tubulação de 1 1/2'' que conduzirá o fluido quente até o equipamento.

Uma nova instalação de uma válvula de 1 1/2'' foi efetuada para fazer o bloqueio do fluido quente e controle da temperatura e, assim, inseriu-se a lira de dilatação e condensação do vapor gerado. Executou-se o acoplamento da caldeira para o reservatório de água e ocorreu a instalação de termômetros nas entradas e saídas dos fluídos quente e frio.

Por fim, foi feita a pintura do equipamento e, assim, finalizada a montagem do trocador, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5: Trocador finalizado



Fonte: Autoria própria.

2.2 Teste de desempenho do trocador de calor

Os testes foram realizados na cidade de Carneirinho – MG. Iniciaram-se os testes colocando o caldo decantado no reservatório onde houve a medição da temperatura. Foi aberta a válvula de alívio da caldeira e colocado 4 L de água. Ligou-se o fogareiro para iniciar o aquecimento da água e, em seguida, realizou-se a medição da temperatura dela.

Após o aquecimento, a válvula do controle de vazão do fluido foi aberta para dar início a circulação dentro dos tubos do trocador. Depois do início da circulação, realizou-se a abertura da válvula de controle da vazão e aguardou-se o preenchimento total de todos os tubos com o caldo decantado.

Após o preenchimento do fluido frio (caldo decantado) e com sua saída, regulou-se a vazão do fluido para aproximadamente 0,45 L/min com auxílio de uma proveta de 1L e de um cronômetro, realizando o aquecimento gradativo do caldo decantado até a estabilização de sua temperatura final.

A temperatura do fluido quente foi medida após a troca térmica, antes da saída do trocador, que foi realizada pela parte inferior dele.

2.3 Cálculo da eficiência do trocador de calor

Com o intuito de analisar a eficiência da máquina, foi realizado o cálculo da *MLDT* (Média Logarítmica das Diferenças de Temperaturas) para descobrir a eficiência do trocador. Utilizou-se a Equação 2, que representa um trocador que opera em correntes opostas, ou contracorrente:

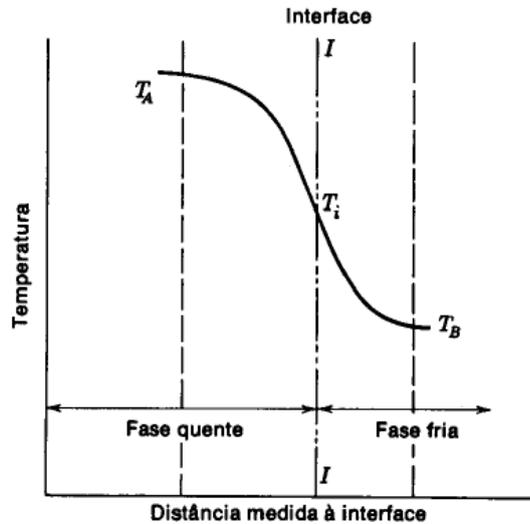
$$MLDT = \frac{\Delta T_{m\acute{a}xima} - \Delta T_{m\acute{i}nima}}{\ln\left(\frac{\Delta T_{m\acute{a}xima}}{\Delta T_{m\acute{i}nima}}\right)} \quad (2)$$

onde, $\Delta T_{m\acute{a}xima}$ é a variação de temperatura máxima, calculada pela subtração entre a temperatura de entrada do fluido quente com a temperatura de saída do fluido frio e $\Delta T_{m\acute{i}nima}$ é a variação de temperatura mínima, calculada pela subtração da temperatura de saída ou descarga do fluido quente, com a temperatura de entrada do fluido frio.

2.4 Cálculo da transferência de calor e da temperatura da superfície externa

A transferência de calor, segundo Foust *et al.* (2013), se faz pelo contato de uma fase quente e uma fase fria por intermédio de uma fronteira bem definida de acordo com a prática industrial (Figura 6).

Figura 6: Condições de temperatura num trocador de calor



Fonte: Foust *et al.* (2013).

A transferência de calor termodinâmica e mecânica é calculada com o coeficiente de transferência de calor, a proporcionalidade entre o fluxo de calor e a força motriz termodinâmica para o fluxo de calor. O fluxo de calor é uma representação vetorial quantitativa de calor através de uma superfície (NORMAN LONEY, 2010).

Para encontrar a força motriz total, considerando as temperaturas num certo ponto do trocador de calor, utilizou-se a Equação 3:

$$\Delta T = T_B - T_A \quad (3)$$

onde, ΔT é a força motriz das temperaturas em °C, T_A e T_B são as temperaturas nas fases quente e fria, respectivamente.

Encontrou-se a área de transferência de calor da fase quente e fria e, em seguida, a área média dessas áreas. Utilizou-se neste processo a Equação 4:

$$A = \pi DL \quad (4)$$

onde, A é a área de transferência de calor, D é o diâmetro do tubo e L é o comprimento do tubo.

Para o cálculo da taxa de transferência de calor no trocador utilizaram-se as Equações 5 e 6:

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{h_A A_A} + \frac{\Delta x}{k A_{méd}} + \frac{1}{h_B A_B} \quad (5)$$

$$q = \frac{-\Delta T}{\frac{1}{UA}} \quad (6)$$

onde, U é coeficiente global de transmissão de calor em W/m^2-K ; A_A e A_B são as áreas de transferência em m^2 nas fases quente e fria, respectivamente; h_A e h_B são os coeficientes de transmissão de calor em W/m^2-K das fases quente e fria, respectivamente; Δx é a espessura do tubo em m ; k é a condutividade térmica do tubo em $W/m-K$; q é a taxa de transferência de calor em J/s ; e ΔT é a força motriz das temperaturas em $^{\circ}C$.

A fim de confirmar o desempenho do trocador de calor, utilizou-se a Equação 7 para o calcular a temperatura da superfície externa do tubo:

$$q = \frac{\Delta T}{R} \quad (7)$$

onde, q é a taxa de transferência de calor em J/s , ΔT é a força motriz das temperaturas em $^{\circ}C$ e R é a resistência térmica.

2.5 Cálculo do desvio padrão

Com intuito de validar os resultados da eficiência do trocador de calor, calculou-se o desvio padrão com a Equação 8:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M_A)^2}{n}} \quad (8)$$

onde, σ é o desvio padrão, M_A é a média dos valores, x_1 valor individual, n sendo a quantidade de dados.

2.6 Análise da qualidade do caldo clarificado

Inicialmente, coletou-se 6 L de caldo decantado. Calibrou-se o equipamento com duas gotas de água destilada para depois dar início a análise com auxílio de uma pipeta de Pasteur. Coletou-se uma pequena porção do caldo, e foram levadas ao refratômetro algumas gotas do caldo para análise do BRIX.

Para análise de pH, inicialmente, fez-se a limpeza do eletrodo. Realizou-se a calibração do pHmetro com as soluções tampão de pH 4.0 e pH 10.0 e a solução tampão neutra de pH 7.0. Uma pequena porção de caldo decantado foi colocada no béquer de 50 ml, e após foi realizada medida com o pHmetro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos através dos testes, do valor da MLDT, e das temperaturas, tanto de entrada (E) quanto de saída (S) dos fluídos quentes (TQ) e frios (TF) em °C. Como pode ser observado, o teste 3 foi o que apresentou maior eficácia, já que, quanto maior o valor da MLDT, melhor é o desempenho da troca térmica do trocador de calor.

Tabela 2: Resultados dos testes do trocador de calor

Teste	TQ, E (°C)	TF, E (°C)	TQ, S (°C)	TF, S (°C)	MLDT
1	93,4	36,0	52,7	76,1	16,9
2	91,8	36,7	48,4	71,0	15,8
3	92,5	36,2	51,8	72,3	17,8

Fonte: Autoria própria.

Ao realizar os testes, foi mensurada a vazão volumétrica de saída do caldo que foi aquecido, obtendo-se um valor de 0,45 L/min. A Tabela 3 apresenta a comparação do teste 3 com o teste realizado por Chaves *et al.* (2015), mostrando que o protótipo apresentou maior eficiência. Como pode ser observado, a vazão volumétrica da literatura é maior que a do protótipo. Vale ressaltar também que ambos os fluídos do trocador comparativo são água.

Tabela 3: Comparativo entre trocadores de calor (Protótipo X Literatura)

	VAZÃO VOLUMÉTRICA (L/MIN)	TQ,E (°C)	TF,E (°C)	TQ,S (°C)	TF,E (°C)	MLDT
LITERATURA	1,50	50,1	24,6	47,1	28,4	22,1
PROTÓTIPO	0,45	92,5	36,2	51,8	72,3	17,8

Fonte: Autoria própria.

Após a realização dos cálculos da taxa de transferência de calor e da temperatura da superfície externa do tubo, obteve-se os seguintes resultados como mostra a Tabela 4. Observa-se que em todos os testes os resultados ficaram bem próximos; e que o Teste 1 apresentou melhor transferência de calor no equipamento.

Tabela 4: Taxa de transferência de calor e da temperatura da superfície externa do tubo

PARÂMETROS	TESTE 1	TESTE 2	TESTE 3
q (J/S)	412,95	395,4	405,04
T_2 (°C)	52,105	53,76	52,896

Fonte: Autoria própria.

Segundo Callegaro (2014) o desvio padrão máximo, quando n é igual a 3, deve ser 1,38; e o utilizado no projeto obteve 0,810, comprovando que o protótipo atende às expectativas.

Para evidenciar a qualidade do caldo clarificado, foram realizadas algumas análises de Brix. Seus resultados representam a porcentagem em massa de sólidos solúveis, importantes para a indústria sucroalcooleira para a formação dos cristais de açúcar. Segundo Ribeiro (2003), a concentração ideal do Brix após o trocador de calor deve ser em média de 20° e as análises realizadas geraram um Brix no valor de 13,18°. Para ocorrer a cristalização, é necessário um Brix de 78° a 80°. Ainda, segundo Ribeiro (2003), a análise de pH é importante para que as perdas de sacarose por inversão permaneçam num nível mínimo durante o processo subsequente à recuperação de açúcar. Sendo assim, o pH ideal deve ficar em torno de 6,5, e as análises resultaram em um pH de 6,95.

4. CONCLUSÃO

A troca térmica é o processo de transferência de calor de um corpo para outro, o equipamento de troca térmica é utilizado na usina para o aquecimento do caldo decantado.

O objetivo da elaboração de um protótipo de trocador de calor casco e tubo foi produzir um equipamento que atendesse às necessidades específicas de troca térmica em menor escala, fazendo-o funcionar corretamente, conforme valores de referência da literatura. Observa-se que o protótipo operou adequadamente, sendo eficiente para a realização da troca térmica, conforme os cálculos realizados e comparados com a literatura, visto que foram obtidos valores próximos mesmo trabalhando com fluidos e vazões diferentes.

REFERÊNCIAS

CAJAMARCA, S. P. A. **Análise teórica de trocadores de calor casco – casco termossifões**. 2016. 151 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/172354/343115.pdf?sequenc e=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 maio 2020.

CALLEGARO, R. F. **Uma arquitetura para fusão de dados de sensores de baixo custo em redes de sensores sem fio**. 2014. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Automação e Sistemas) — Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/129459/327790.pdf?sequenc e=1&isAllowed=y>. Acesso em: 3 dez. 2020.

CHAVES, F. J. F. *et al.* Análise Técnica da Eficiência de um Trocador de Calor do Tipo Casco-Tubos. In: V Encontro Regional de Química & IV Encontro Nacional de Química, 2015, São Paulo. **Anais** [...]. Blucher Chemistry Proceedings, v. 3, 2015, p. 905-914. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemistryproceedings/5erq4enq/eng3.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2020.

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSON, L. B. **Princípio das operações unitárias**. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

GAUTO, M. A.; ROSA, G. R. **Processos e operações unitárias da indústria química**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

GOMES, Wellington. **Processo de Tratamento de Caldo em Usinas Sucroalcooleiras**. LinkedIn. 2016. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/processo-de-tratamento-caldo-em%20usinas-wellington-gomes/>. Acesso em: 26 maio 2020.

GUT, J. A. W. **Configurações ótimas para trocadores de calor a placas**. 2003. 244 p. Tese (Doutorado em Engenharia) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-22102003-093322/publico/Tese_Jorge_A_W_Gut.pdf. Acesso em: 3 dez. 2020.

RIBEIRO, P. R. **A Usina de Açúcar e sua Automação**. Araçatuba: Smar, 2003.

TERRON, L. R. **Operações unitárias para químicos, farmacêuticos e engenheiros – fundamentos e operações unitárias**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

WANG, L.; SUNDÉN, B.; MANGLIK, R. M. **Plate Heat Exchangers: Design, Applications and performance**. Boston: WIT Press, 2007.



Influência da textura e mineralogia na determinação da umidade de solos utilizando micro-ondas

Erika Andressa Silva¹

Pedro Antônio Namorato Benevenuto²

Mariany Isabela Soares Domingues³

RESUMO

A umidade obtida pelo método da estufa apresenta como inconveniente o tempo necessário para sua obtenção. Como alternativa, tem sido sugerida a obtenção da umidade via forno micro-ondas. Entretanto, solos argilosos dotados de altos teores de óxidos têm apresentado comportamento peculiar, quando submetidos à radiação eletromagnética. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização do forno micro-ondas na determinação da umidade de Latossolos de texturas contrastantes e variados teores de óxidos de ferro e alumínio. Foram utilizadas amostras deformadas do horizonte Bw de dez Latossolos. Em triplicata foram realizados ensaios para obtenção da umidade pelos métodos da estufa (105°C/ 24 horas) e micro-ondas. Os ensaios em micro-ondas foram efetuados com o aparelho Turntable Microwave Oven, em potência calibrada de 800 W.J.s⁻¹. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de comparação de médias Tukey (5%). Apenas 6 minutos de secagem no micro-ondas foram suficientes para obtenção de resultados semelhantes ao da estufa. Latossolos argilosos e com maiores teores óxidos de ferro e alumínio permaneceram mais úmidos. Forno de micro-ondas é um método viável por fornecer resultados confiáveis da umidade do solo com o menor tempo.

Palavras-chave: Irradiação Eletromagnética. Método da Estufa. Mineralogia do Solo.

¹Graduada em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras – UFLA. Mestra e Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras – UFLA. É professora e pesquisadora da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade Passos, MG, Brasil. E-mail: andressaerikasilva@gmail.com.

²Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras – UFLA. Mestre e atualmente Doutorando em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras – UFLA, MG, Brasil. E-mail: benevenutepedro@gmail.com.

³Graduanda em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras – UFLA, MG, Brasil. E-mail: mariany.domingues1@estudante.ufla.br.

Influence of texture and mineralogy in determining soil moisture using microwave

ABSTRACT

The moisture obtained by the greenhouse method presents the time required to obtain it as an inconvenience. As an alternative, it has been suggested to obtain moisture a microwave. However, clay soils with high levels of oxides have shown a peculiar behavior when subjected to electromagnetic radiation. Thus, aiming to speed up the process of quantification of moisture in soils, the possibility of using the microwave oven to determine the humidity of Oxisols with contrasting textures and varied levels of iron and aluminum oxides was evaluated. Deformed samples from the Bw horizon of ten Oxisols were used. In triplicate, tests were carried out to obtain moisture using the oven methods (105°C / 24 hours) and microwaves. The microwave tests were carried out with the Turntable Microwave Oven device, with a calibrated power of 800 W.J.s⁻¹. The data obtained were submitted to the Tukey means comparison test (5%). Only 6 minutes of drying in the microwave were sufficient to obtain results similar to the greenhouse methods. Clayey Oxisols with higher levels of iron and aluminum oxides remained more moisture. Microwave oven is the most feasible method and gives reliable results for determining soil moisture content with the shortest time.

Keywords: *Electromagnetic Radiation. Greenhouse Method. Soil Mineralogy.*

Artigo recebido em: 23/12/2020

Aceito em: 09/04/2021

1. INTRODUÇÃO

A umidade à base de massa é definida como relação entre a massa de água contida em uma amostra de solo pela massa de solo seco, sendo expressa em quilogramas de água por quilogramas de solo ($U, \text{kg kg}^{-1}$). Para determinação da massa seca e da massa de água, o método tradicional é a secagem em estufa, conhecido também como padrão gravimétrico, no qual a amostra é mantida com temperatura entre 105 °C e 110 °C, até que apresente massa constante, o que significa que perdeu sua água por evaporação.

A umidade gravimétrica é a mais fácil de ser medida, envolvendo apenas mensurações de massa (SCARAMUZZA et al., 2003). E como a estrutura do solo pode ser destruída, uma vantagem do método gravimétrico de determinação da umidade é que qualquer instrumento pode ser utilizado para retirar amostras de solo, que devem ter, no mínimo, uma massa entre 10 a 100 g de solo (SCARAMUZZA et al., 2003; QUINTINO et al., 2015).

Existem diversos métodos para medição de umidade do solo, cada um com suas particularidades e aplicações. Alguns parâmetros como precisão, tempo de leitura e custo-benefício devem ser considerados na escolha do método a ser utilizado (FREITAS et al., 2012; QUINTINO et al., 2015). O custo de aquisição de um forno micro-ondas é inferior ao das estufas de ventilação forçada, que devem ser preferencialmente indicadas para secagem, por distribuírem de maneira uniforme o aquecimento.

O método da estufa, apesar da precisão e da vantagem em número de amostras que podem ser trabalhadas simultaneamente, tem como principal inconveniente a demora na sua realização (BUSKE et al., 2014; QUINTINO et al., 2015). E, na agricultura, o interesse é por métodos rápidos de obtenção da umidade do solo para otimizar as tomadas de decisões (QUINTINO et al., 2015). Produtores almejam conhecer a umidade do solo para gerenciar os sistemas de irrigação e drenagem, definir épocas de preparo de solo e semeadura e monitorar o tráfego de máquinas para que não ocorra compactação (BUSKE et al., 2014).

Nesse contexto, visando tornar mais ágil o processo de obtenção de umidade de solos, têm sido utilizados os fornos de micro-ondas, que têm fornecido resultados rápidos e acessíveis à realidade das propriedades agrícolas (BUSKE et al., 2014; CREMON et al., 2014; SANTOS; SILVA FILHO, 2019; TAVARES et al., 2018; VINHOLIS et al., 2008).

Com esse método, o processo de secagem do solo ocorre a partir do emprego da radiação eletromagnética; e tem como princípio o fato da molécula de água ser um dipolo elétrico natural, que sofre rotação quando exposto a um campo eletromagnético. O atrito molecular resultante gera calor instantâneo, que é distribuído de maneira uniforme na amostra de solo, reduzindo a umidade (AGUILAR, 2001).

Em várias condições experimentais, solos argilosos, dotados de altos teores de ferro, têm apresentado um comportamento peculiar quando submetidos à radiação eletromagnética. Isso porque óxidos reagem de maneira diferente ao serem bombardeados por micro-ondas, com alguns óxidos com comportamento não linear de aquecimento (KOLEINI, BARANI, 2012). Enquanto as hematitas apresentam um aumento de temperatura linear, as goethitas exibem picos de aquecimento, dada a perda de água e sua transformação para uma nova composição mineralógica: hidrohematita. Portanto, pesquisas têm demonstrado que a quantidade e os tipos de óxidos presentes influenciam o processo de secagem de solos em micro-ondas, sendo que o tempo de secagem pode ser variável conforme o percentual de goethita e hematita de um solo (TAVARES et al., 2008; SANTOS; SILVA FILHO, 2019).

Por outro lado, não se tem estudos a respeito do comportamento de solos argilosos e com maiores teores óxidos de alumínio quando submetidos a processos de secagem em micro-ondas. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência da textura, dos teores de óxidos de ferro e alumínio na obtenção da umidade de Latossolos do Cerrado por forno de micro-ondas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição dos solos e preparo das amostras para análises

Foram utilizadas amostras deformadas do horizonte Bw de dez Latossolos representativos do Bioma Cerrado Brasileiro (Tabela 1), caracterizados por Severiano (2010).

Tabela 1: Características químicas e mineralógicas das amostras de horizontes Bw de Latossolos do Bioma Cerrado Brasileiro

Classificação do Solo	Textura	Argila	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
		----- g kg ⁻¹ -----			
Latossolo Vermelho Amarelo distrófico	franco arenoso	152	24	67	38
Latossolo Vermelho distrófico	franco argilo arenoso	209	34	85	85
Latossolo Vermelho distrófico	franco argilo arenoso	263	24	113	116
Latossolo Vermelho distrófico	franco argilo arenoso	311	62	147	68
Latossolo Vermelho distroférico	franco argilosa	365	41	173	181
Latossolo Vermelho distrófico	argilo arenosa	399	92	213	78
Latossolo Vermelho distroférico	argiloso	420	56	204	231
Latossolo Vermelho distroférico	argiloso	490	90	179	298
Latossolo Vermelho distroférico	argiloso	521	87	205	245
Latossolo Vermelho distrófico	muito argiloso	716	180	344	105

Fonte: Adaptado de Severiano (2010).

A partir de amostras de solos secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm realizou-se a análise granulométrica via agitação rápida (10.000 rpm) como dispersante físico; e NaOH 1 mol L⁻¹ em contato com a amostra durante 24 h, como dispersante químico (EMBRAPA, 1997). Procedeu-se à quantificação das partículas de areia (2,00–0,05 mm), por tamisagem; de argila (< 0,002 mm), pelo método da pipeta; e de silte (0,05–0,002 mm), determinada pela diferença entre o teor total da amostra de solo e os teores de areia e argila. Para caracterização química, foram determinados os conteúdos de SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃ do extrato sulfúrico, após digestão com 9,4 M H₂SO₄ (densidade = 1,47) conforme descrito em Embrapa (2006).

As amostras dos horizontes Bw dos 10 Latossolos foram secadas ao ar, passadas em peneira de malha 2,00 mm de abertura, e umedecidas com água destilada para homogeneização da umidade. O solo homogeneizado foi acondicionado em saco plástico onde permaneceu hermeticamente fechado por 24 horas. Decorrido este tempo, de cada saco foram retiradas três amostras para determinação da umidade pelo método padrão da estufa (105°C/ 24 horas) e três amostras para determinação da umidade pelo forno de micro-ondas. Cada repetição foi composta por 10g de solo.

2.2 Determinação de umidade pelo método padrão da estufa

Para obtenção da umidade pelo método padrão da estufa, 10 g de cada solo (massa de solo úmido (MU)) foram pesadas em balança de precisão. Em seguida, foram direcionadas à estufa a 105-110°C até que a massa constante fosse atingida, o que ocorreu em aproximadamente 24 horas. A massa constante foi registrada como a massa de solo seco (MS) e com a equação 1, calculou-se a umidade à base de massa (U, g g⁻¹).

$$U (\%) = \frac{MU-MS}{MS} \times 100. \quad (1)$$

2.3 Determinação de umidade pelo método do micro-ondas

Para obtenção da umidade do solo utilizando-se de forno micro-ondas, foi empregado um aparelho da marca Turntable Microwave Oven, modelo MO1108SST, cuja tensão de alimentação é 120 V (60Hz) e a frequência de micro-ondas é de 2450 MHz. Os ensaios foram efetuados com o aparelho em nível de potência calibrada de 800 W.J.s⁻¹.

A metodologia utilizada para calibração foi a descrita em Souza et al. (2002), na qual utilizou-se um becker de polipropileno com 1000 ml de água na temperatura de (25°C), que foi colocado no micro-ondas na potência desejada por dois minutos. Decorrido esse tempo, o Becker com a água foi retirado do micro-ondas e, após 30 segundos de agitação da água com bastão de vidro, mediu-se a temperatura final. Esse procedimento foi realizado três vezes na potência de 100%. Com a temperatura média inicial (25°C) e final (47,9°C) calculou-se a potência real do aparelho com auxílio da equação 2:

$$P = 35 (T_f - T_i), \quad (2)$$

sendo P a potência real do aparelho (W.J.s⁻¹), T_f a temperatura final e T_i a temperatura inicial ambas em °C.

Inicialmente, amostras de solo acondicionadas em cadinhos de porcelana foram submetidas a um tempo de 120 segundos no forno de micro-ondas. Em seguida, os cadinhos foram retirados, aguardou-se o resfriamento em dessecador e fez-se a pesagem em balança eletrônica com precisão de 0,01g. Este procedimento foi repetido de 120 em 120 segundos, até o alcance de 360 segundos (TAVARES et al., 2008).

2.4 Análises estatísticas

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições x 2 métodos (estufa e micro-ondas) x 10 solos, totalizando 60 amostras. Os valores de umidade obtidos pelos métodos da estufa e micro-ondas foram submetidos ao teste de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5%, utilizando-se o programa Infoestat@.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que solos com teores de argila superiores a 365 g kg⁻¹ permaneceram mais úmidos do que os solos com teores de argila entre 152 g kg⁻¹ e 311 g kg⁻¹ (Tabela 2), independentemente do método de secagem ser estufa ou micro-ondas (M-360s).

Tabela 2: Umidade (%) determinada pelos métodos padrão da estufa e micro-ondas em dez Latossolos do Bioma Cerrado

Solo (g kg ⁻¹ argila)	Umidade (%)			
	M-120s	M-240s	M-360s	U-estufa
152	6,2a	11,7b	15,0 bc	17,1c
209	3,6a	7,5b	10,0c	10,9c
263	5,5a	10,3ab	12,8bc	16,5c
311	8,3a	14,3b	19,2bc	20,5c
365	14,6a	21,9b	22,3b	22,3b
399	10,2a	19b	27,5c	24,0c
420	20,8a	28,1b	29,5c	29,0c
490	13,8a	23,6b	25,9c	24,4c
521	18,0a	27,0b	28,6c	27,8c
716	16,1a	26,3b	28,9c	27,5c

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). M-120s, M-240s, M-360s: tempo de secagem em micro-ondas, sendo respectivamente 120s, 240 e 360 segundos.

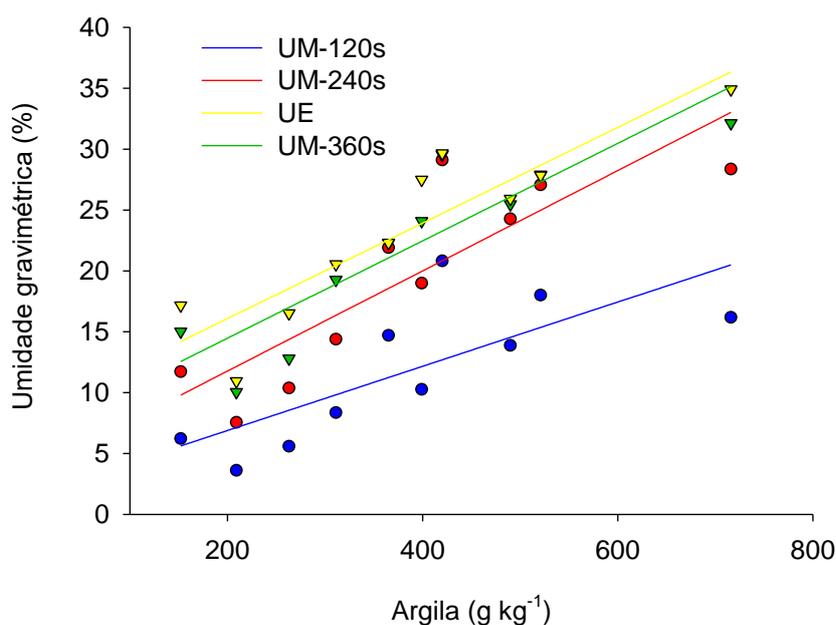
Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Em micro-ondas, nos solos mais argilosos e com maiores teores de óxidos de ferro e alumínio ocorreu uma diminuição da eficiência na desidratação (Tabelas 1 e 2). Em outras palavras, o método convencional de secagem em estufa retirou mais água das amostras que as micro-ondas. Estes resultados podem ser justificados pelo fato de os óxidos causarem uma maior dissipação das micro-ondas, ocasionando uma maior deficiência no processo de movimentação dos dipolos da água presentes nos solos, que conseqüentemente perdem menos água (CREMON et al., 2014; SANTOS; SILVA FILHO, 2019).

Em ensaios conduzidos por Cremon et al. (2014) com amostras de Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho Amarelo, verificou-se que a mineralogia destes solos influenciou o seu comportamento quando submetidos à secagem em micro-ondas. Os elevados teores de oxi-hidróxido de ferro presentes nesses solos reagiram com as micro-ondas, dispersando as moléculas d'água em agitação e diminuindo a eficiência do processo de secagem.

Ademais, a correlação positiva entre umidade e teor de argila (Figura 1, Tabela 3) demonstra que a textura influenciou o processo de perda de água dos solos, por atuar diretamente na área de contato entre as partículas sólidas e a água. Nos solos mais argilosos e com maiores teores de óxidos de ferro e alumínio, a água encontra-se retida fortemente aos colóides por forças de adsorção, o que dificulta o seu processo de extração e a secagem do solo (Tabela 2).

Figura 1: Umidade do solo obtidas pelos métodos do forno micro-ondas e estufa em função do teor de argila do solo



Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 3: Equações de ajuste para as umidades obtidas em estufa e micro-ondas em função dos teores de argila dos Latossolos

Equação de ajuste	r ²	P-valor
UM-120=1,6095+ 0,0264 Argila	0,75	P<0,05
UM-240=3,5344+ 0,0412 Argila	0,85	P<0,01
UM-360=6,4650+ 0,040 Argila	0,89	P<0,001
UE= 8,2333+0,0393 Argila	0,90	P<0,001

UM-120, UM-240, UM-360: umidade em micro-ondas nos tempos de 120, 240 e 360 segundos.

UE: umidade em estufa.

Fonte: Autoria própria (2021).

Nesta pesquisa, para os Latossolos estudados, o tempo de seis minutos em aparelho de micro-ondas com potência de 800 W.J.s⁻¹ foi o mínimo necessário para se alcançar o mesmo valor de umidade obtida por secagem em estufa por 24 horas em temperatura de ±105°C (Tabela 2).

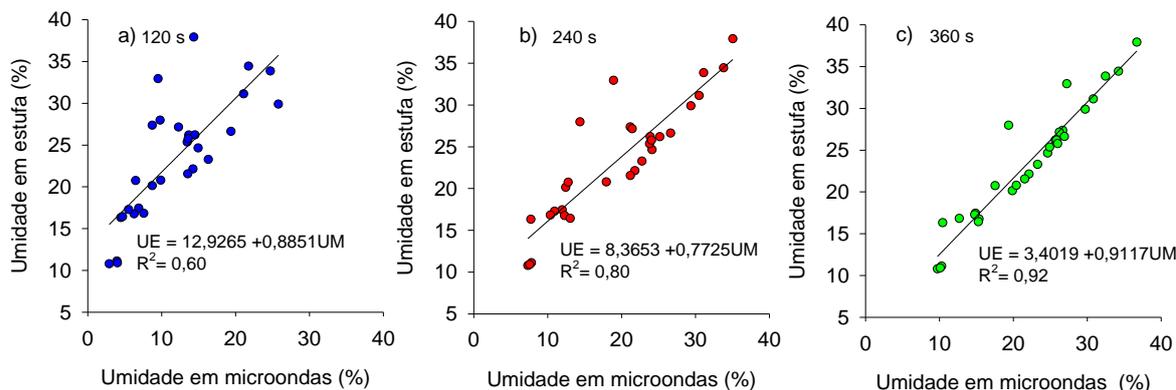
Em seus estudos, Buske et al. (2014) e Miranda et al. (2012) observaram que um tempo de secagem de cinco minutos em micro-ondas operando com 900 Watts de potência foi suficiente tanto para solos arenosos quanto para solos argilosos, com óxidos e hidróxidos de ferro, atingirem o mesmo valor de umidade que o determinado pelo método padrão da estufa.

Na determinação da umidade por micro-ondas e estufa de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Cerrado com 20, 35 e 50% de argila, Oliveira e Roque (2016) observaram que o tempo de secagem de 7 minutos foi suficiente para igualar a umidade dos solos em micro-ondas àquela da estufa. Estes autores utilizaram amostras de 100 g de solo submetidas a potência real de 700W no equipamento de micro-ondas.

Nas pesquisas de Sales et al. (2012) com solos argilosos, o tempo de cinco minutos em micro-ondas não foi suficiente para secagem de acordo com o padrão estufa, tendo sido observados melhores resultados no tempo de 10 minutos.

Verificou-se neste trabalho que se pode fazer a estimativa do teor de umidade na estufa, conhecendo-se o teor de umidade obtido no forno de micro-ondas (Figura 2 a, b, c). Maiores coeficientes de determinação (R² = 0,80 e 0,92) entre os métodos foram observados nas umidades obtidas nos tempos de secagem em micro-ondas de 240s e 360s.

Figura 2: Umidade do solo obtida pelo método do forno micro-ondas em função da umidade do solo obtida pelo método padrão de estufa (n= 30)



Fonte: Autoria própria (2021).

Corroborando este estudo, Tavares et al. (2008), empregando os métodos do forno de micro-ondas e da estufa para determinação da umidade de nove solos de diferentes texturas, concluíram que os resultados obtidos por ambos os métodos não diferem entre si. Fonseca et al. (2009) também concluíram em seus estudos que o forno de micro-ondas é uma metodologia confiável e que pode ser facilmente utilizada na determinação da umidade do solo.

Vinholis et al. (2008) verificaram que o uso de micro-ondas para determinação do conteúdo de água em solo pode otimizar tomadas de decisão em atividades de irrigação, por permitir a obtenção de dados confiáveis de umidade em menor tempo, quando comparado ao método padrão de estufa.

Em suma, a partir dos resultados obtidos neste trabalho, verificou-se que micro-ondas é um método de fácil manuseio, rápido e eficiente para a determinação de umidade em solos.

4. CONCLUSÃO

Nas condições experimentais de realização deste trabalho, com amostras de 10 g e forno de micro-ondas operacionalizando na potência calibrada de 800 W.J.s^{-1} , foram necessários apenas 6 minutos de secagem para igualar a umidade do solo em micro-ondas à da estufa.

Independentemente de o método empregado para secagem ser estufa ou micro-ondas, Latossolos dotados de maiores teores de argila e óxidos de ferro e alumínio permaneceram com maiores umidades.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, J. A. G. **Procesamiento de materiales por medio de microondas em la FIME**. Ingenierías, v. 4, p. 32-39, 2001.
- BUSKE, T.; ROBAINA, A.; PEITER, M.; TORRES, R.; ROSSO, R.; BRAGA, F. **Determinação da umidade do solo por diferentes fontes de aquecimento**. Revista Irriga – UNESP. Botucatu, v. 19, n. 2, p. 315-324, abr./jun. 2014.
- CREMOM, C.; LONGO, L.; MAPELI, C. N.; SILVA, L. A. M.; SILVA, W. M. **Determinação da umidade de diferentes solos do Pantanal Matogrossense via micro-ondas e método padrão**. Revista Agrarian. Dourados, v. 7, n. 24, p. 280-288, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 2006. 306 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Brasília: Produção de Informação, 1997. 212 p.
- FONSECA, S. O. *et al.* **Avaliação do método do forno microondas para a determinação de umidade do solo em relação ao método padrão de estufa**. In: XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 2009, São José dos Campos, Anais [...] São José dos Campos: UNIVAP, 2009. p. 1-4.
- KOLEINI, J.; BARANI, K. **Microwave heating applications in mineral processing**. Intechopen. Chapter 4. 2012. Disponível em: <http://dx.org/10.5772/45750>.
- MIRANDA, E. *et al.* **Uso do Forno Micro-ondas na Determinação da Umidade de um Solo Franco – Siltoso**. In: Workshop internacional de inovações tecnológicas na irrigação, Fortaleza, Anais [...]. Fortaleza – CE, p. 201-203, 2012.
- OLIVEIRA, L. F. C.; ROQUE, C. G. **Determinação da umidade do solo por micro-ondas e estufa em três texturas de um Latossolo VermelhoAmarelo do Cerrado**. Revista de Agricultura Neotropical. Cassilândia-MS, v. 3, n. 4, p. 60-64, out./dez. 2016.
- QUINTINO, A. C. *et al.* **Métodos de determinação de umidade nos solos de cerrado**. Enciclopédia Biosfera. Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 11, n. 22, p. 2202-2213, 2015.

SALES, M. *et al.* **Determinação da Umidade de Solo Argiloso Pelo Método do Forno Micro-ondas.** In: Congresso norte e nordeste de pesquisa e inovação – Connepi 7, 2012, Palmas, Anais [...]. Palmas – TO, out. 2012.

SANTOS, S. L. M.; SILVA FILHO, E. P. **Determinação da Umidade de Solo pelos Métodos Estufa e Forno Micro-ondas em Diferentes Texturas de um Latossolo Vermelho-Amarelo Sul-Amazônico.** Geografia. Londrina, v. 28, n. 2, p. 41 – 60, jul. 2019.

SCARAMUZZA, J. F.; COUTO, G. E.; MARASCHIN, L. **Física do solo: manual de aulas práticas.** Cuiabá: FAMEV/UFMT, 2003.

SEVERIANO, E. da C. **Alterações estruturais de latossolos representativos da região do cerrado e potencial de uso de solos cultivados com cana-de-açúcar.** 2010. 134 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A.; RASSINI, J. B. **Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com o forno de micro-ondas doméstico.** Circular Técnica 33, Empresa Brasileira em Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, São Carlos – SP, dez. 2002.

TAVARES, M. H. F.; CARDOSO, D. L.; GENTELINI, D. P.; GABRIEL FILHO, A.; EVANDRO KONOPATS, A. **Uso do forno de microondas na determinação da umidade em diferentes tipos de solo.** Semina: Ciências Agrárias. Londrina, v. 29, n. 3, p. 529-538, jul./set. 2008.

VINHOLIS, M. M. B.; SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A.; PRIMAVESI, O. **Uso do micro-ondas doméstico para determinação de matéria seca e do teor de água em solos e plantas: Avaliação econômica, social e ambiental.** Custos e Agronegócio on line, v. 4, n. 2, 2008.



Análise da operação de sedimentação em fermentação alcoólica

Alexsander Saves dos Santos¹

Ana Paula Mendes²

Joycielle Naira dos Santos³

Milena Baroni de Arruda⁴

RESUMO

A sedimentação é uma das operações unitárias utilizadas em processo de fermentação alcoólica. O sedimentador é mais indicado para leveduras que possuem características floculantes. Assim, este projeto teve o objetivo de confeccionar um sedimentador para separar a levedura do vinho, após todo o seu processo fermentativo. Foi desenvolvido o projeto de sedimentação utilizando recursos próprios, estabelecidos e providenciados nas proporções adequadas para o funcionamento do protótipo. Conforme testes, confirmou-se a eficácia do sedimentador por meio de análise de concentração de sólidos sedimentáveis, na qual obteve-se um aumento de 18% da concentração inicial.

Palavras-chave: Sedimentador. Fermentação. Concentração.

¹Graduado em Física pelo Centro Universitário de Votuporanga – UNIFEV e em Pedagogia pela Faculdade da Aldeia de Carapicuíba – FALC. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Brasil, ICESP. É professor nos Cursos de Engenharia Química e Medicina da Universidade Brasil, ICESP, Campus Fernandópolis, SP, Brasil. E-mail: saves.santos@gmail.com.

²Graduada em Tecnologia de Produção Sucroalcooleira pelo Centro Universitário de Votuporanga – UNIFEV. Atualmente é Graduada em Engenharia Química pela Universidade Brasil, ICESP, Campus Fernandópolis, SP, Brasil. E-mail: anapaulamendes_10@outlook.com.

³Graduada em Engenharia Química pela Universidade Brasil, ICESP, Campus Fernandópolis, SP, Brasil. E-mail: joyci.eng.quimica@outlook.com.

⁴Graduada em Engenharia Química pela Universidade Brasil, ICESP, Campus Fernandópolis, SP, Brasil. E-mail: milena_baroni_arruda@hotmail.com.

Analysis of the sedimentation operation in alcoholic fermentation

ABSTRACT

Sedimentation is one of the unit operations used in the alcoholic fermentation process. The sedimenter is more suitable for yeasts that have flocculating characteristics. Thus, this project had the objective of making a sedimentator to separate the yeast from the wine, after all its fermentation process. The sedimentation project was developed using its own resources, established and provided in adequate proportions for the prototype to function. According to tests, the effectiveness of the sedimenter was confirmed through analysis of the concentration of sedimentable solids, in which an increase of 18% in the initial concentration was obtained.

Keywords: *Sedimentator. Fermentation. Concentration.*

Artigo recebido em: 19/02/2021

Aceito em: 31/05/2021

1. INTRODUÇÃO

Os fundamentos aplicados ao Processo de Separação estão intimamente ligados aos de Operações Unitárias. Este conceito foi introduzido por Arthur D. Little em 1915 e foi essencial para a sistematização do ensino dos Processos Químicos (BABIC; PFENNIG, 2006). De uma forma geral, as Operações Unitárias envolvem apenas as etapas físicas de um processo industrial, não abrangendo a ocorrência de transformações químicas (COSTA, 2015).

São cada vez maiores os números de Operações Unitárias que se usam em processos de fabricação, podendo-se aludir, dentre eles, ao de Operações baseadas em Transferência da Quantidade de Movimento — que retrata métodos do processo em questão: a sedimentação (PFENNIG, 2004).

O processo de sedimentação é aplicado em misturas de sólidos em suspensão e, trata-se de um processo lento. Ele é baseado em deixar uma mistura repousando para que as fases sejam separadas, sendo que a fase mais espessa deposita-se no fundo do recipiente e as demais também vão se depositando sucessivamente até que a fase menos densa fique na superfície. Se necessário o manejo do recipiente, deverá ser feito cuidadosamente para que as fases não voltem a se misturar e seja possível remover os componentes de cada fase da mistura individualmente. Segundo Arouca (2007) a separação das fases sólida e líquida pelo fenômeno da sedimentação ocorre basicamente pela diferença das densidades dos constituintes e pela ação da força gravitacional.

De acordo com Medeiros (2016) o processo de sedimentação é aplicado quando a concentração das partículas na mistura é superior a 40% da razão v/v; e o tempo de espera no processo de sedimentação é menor que no processo de decantação.

Em testes de sedimentação de soluções concentradas, é perceptível a formação de interfaces e regiões de diferentes concentrações de sólidos. Foust *et al.* (1982) citam que em tais condições podem ser definidas até quatro diferentes zonas de concentração: líquido límpido, concentração uniforme, zona de dimensões e concentrações variáveis, e sólidos grossos. Já na decantação de soluções diluídas não é possível tal diferenciação. As únicas fases perceptíveis são o depósito de sólidos ao fundo em si.

Quanto ao processo, a sedimentação pode ser classificada como forma batelada ou contínua. Em um sedimentador contínuo, distinguem-se duas regiões: a de sedimentação

livre, onde a velocidade de decantação é função apenas da concentração de sólidos local; e a região de espessamento, onde a velocidade de decantação depende da concentração de sólidos e da profundidade, não se aplicando os resultados de um teste simples de proveta.

Na forma batelada, a uma dada posição de um ensaio realizado em proveta, a concentração dos sólidos e a velocidade de decantação variam continuamente ao longo do tempo. Essa forma pode ser usada para a obtenção da função de velocidade de decantação versus concentração de sólidos.

Conforme Novaes (2005), em aplicações de maiores escalas, o método natural é inviável devido ao tempo de espera necessário para a concretização do processo em cada amostra tornando jus a sedimentação forçada. Uma possibilidade é a utilização de centrífugas, pois aceleram a sedimentação das células suspensas no meio líquido através da gravidade por ação de um campo gravitacional centrífugo, dando origem a suspensões mais concentradas, que se baseiam na diferença de densidades existentes entre as células e o meio líquido (CAMPOS, 2013).

Outra opção, de acordo com a variante de necessidade da empresa, é a dosagem de produtos químicos na matéria a ser sedimentada. Isso acontece com auxílio de um tanque sedimentador (local para onde a matéria é bombeada e, posteriormente, o produto químico dosado). Esses tipos de tanques atuam como espessadores ou clarificadores. No primeiro caso, a fase que interessa é o líquido límpido; no segundo, a fase que interessa é a chamada “lama” (NOVAES, 2005).

A floculação consiste em aglomerar as partículas através da força de Van Der Waals (força de atração entre as moléculas), dando origem a flocos maiores que as partículas isoladas (CARVALHO; SOUZA; ZEMPULSKI, 2015).

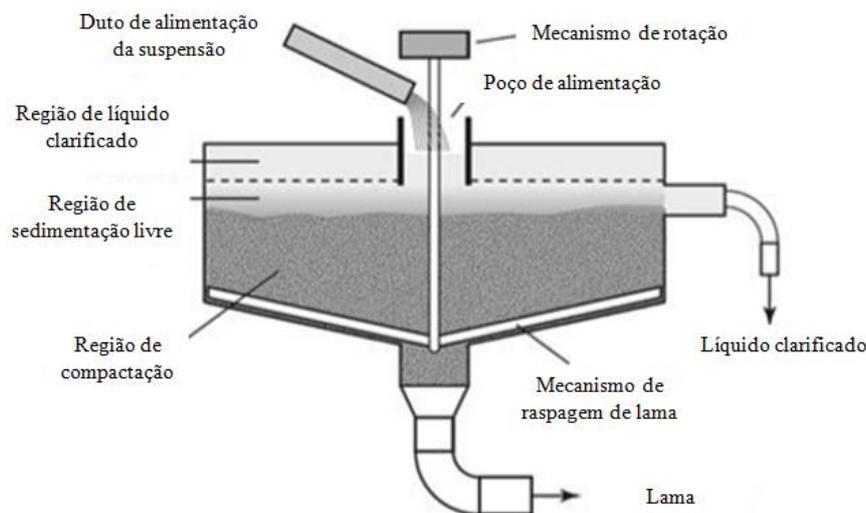
Agentes coagulantes eficientes devem ser capazes de produzir espécies catiônicas em solução, promovendo a desestabilização das partículas do meio através de neutralização/redução de cargas. Floculantes tem como objetivo básico promover a formação de flocos e agregados maiores e mais densos, favorecendo sua remoção em etapas posteriores do processo de tratamento, tais como sedimentação e filtração (JÚNIOR; ABREU, 2018)

Outra aplicação eficaz para que a sedimentação aconteça dispendo de menor tempo é a utilização de polímeros — que atuam como aglomerantes das pequenas partículas da floculação, elevando o peso. Para amostras com potencial hidrogeniônico entre 5 e 7, são

manipulados polímeros de caráter catiônico, enquanto, em casos de potenciais hidrogeniônicos maiores que 7, os polímeros empregados devem ser de caráter aniônico.

O tanque de sedimentação clássico (Figura 1), também chamado de sedimentador contínuo convencional, dispõe de dutos de alimentação da suspensão, de retirada do clarificado (overflow) e do espessado (underflow). Esse tipo de sedimentador é dotado de raspadores que auxiliam no descarte do espessado.

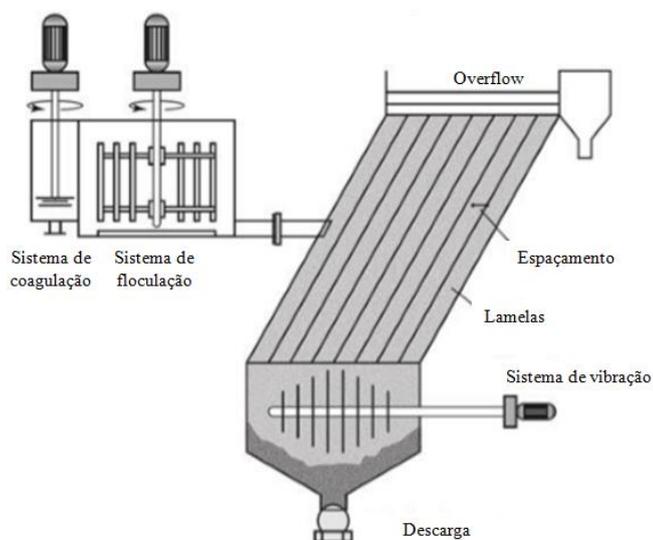
Figura 1: Esquema de um sedimentador contínuo convencional



Fonte: CREMASCO (2012).

A inclusão de lamelas para aumentar a região de compactação sem modificar o diâmetro do sedimentador contínuo convencional dá origem ao sedimentador de alta capacidade, também chamado de sedimentador de lamela (Figura 2). Este equipamento apresenta um conjunto de placas inclinadas (lamelas) com um espaço entre si, de modo a formar canais preferenciais para o escoamento da suspensão. Por sua vez, a suspensão pode ser alimentada diretamente no compartimento da alimentação ou na câmara de mistura de floculação. As partículas sedimentam sobre as lamelas e deslizam até o fundo do equipamento, dando origem a lama que será bombeada ou transportada até a unidade armazenadora (CREMASCO, 2012).

Para o escoamento e retirada de suspensões concentradas de acordo com Cremasco (2012), o sedimentador apresenta um sistema de vibração em substituição aos raspadores rotativos dos espaçadores convencionais. Esse tipo de equipamento é utilizado na separação de finos de carvão, de minério de ferro, de ouro, tratamento de água entre outras aplicações.

Figura 2: Esquema de um sedimentador lamelado

Fonte: CREMASCO (2012).

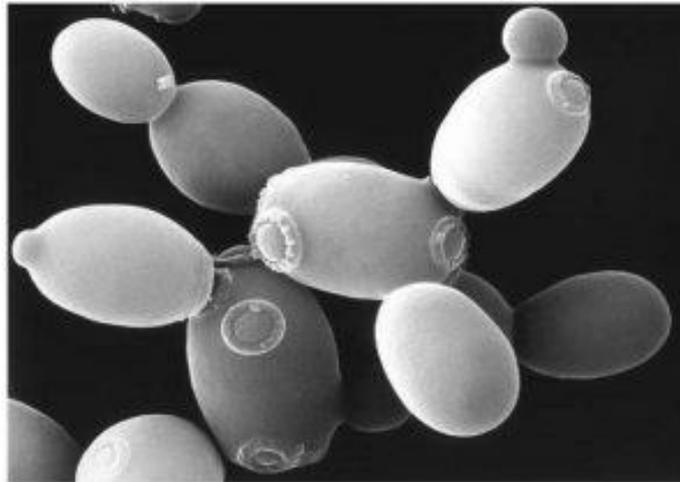
Já a fermentação é um processo químico, com ausência de gás oxigênio (O_2), no qual fungos e bactérias realizam a transformação de matéria orgânica em outros produtos e energia. É a forma que esses seres encontram de produzir energia para o desempenho de suas funções biológicas.

Podemos dizer que a fermentação é uma via de produção energética que utiliza uma matéria orgânica, como a glicose. Antes da fermentação ocorrer, um processo denominado de glicólise é realizado. Para a fermentação alcoólica, o microorganismo mais comum é a levedura *Saccharomyces Cerevisiae* (Figura 3) — microorganismo aeróbio facultativo, isto é, que tem a habilidade de se ajustar metabolicamente, tanto em condições de aerobiose como de anaerobiose (ALCARDE, 2017).

Nesse processo aeróbio facultativo, os produtos finais do metabolismo do açúcar irão depender das condições ambientais em que a levedura se encontra. Assim, em aerobiose, o açúcar é transformado em biomassa, CO_2 e água; e, em anaerobiose, a maior parte é convertida em etanol e CO_2 , processo denominado de fermentação alcoólica.

As leveduras *S. Cerevisiae* são elípticas, medindo cerca de 6 a 8 mm de comprimento por 5 μm de largura. Reproduzem-se assexuadamente por brotamento (ou gemulação). Sendo a temperatura ótima de seu crescimento entre 20 e 30°C, com o pH entre 4,5 e 5,5 (ALCARDE, 2017).

Figura 3: Levedura *Saccharomyces Cerevisiae*



Fonte: MADIGAN (2010).

A *S. Cerevisiae* destaca-se como a espécie mais explorada comercialmente entre as leveduras e apresenta grande emprego na indústria para a fabricação de vários produtos. Em relação a outras leveduras, a *S. Cerevisiae* apresenta fácil isolamento e manutenção, pouca exigência nutricional, bom crescimento em meios constituídos por resíduos industriais e amplo uso em processos industriais (podendo ser usada na produção de bebidas alcoólicas, vitaminas, fermento de pão, cosméticos, enzimas, macromoléculas etc.) (COELHO, 2013).

De acordo com Alcarde (2017), para ocorrer a fermentação alcoólica, a levedura é alimentada com mosto — líquido açucarado que constitui uma correção dos açúcares totais por meio de diluição e que pode ser fermentado. Quanto ao tempo de fermentação, pode variar entre 6 e 12 horas (CRUZ, 2019).

Após o processo de fermentação, a levedura pode ser recuperada por centrifugação ou sedimentação. A sedimentação, como neste caso, consiste na espera da precipitação natural das leveduras após a fermentação. Assim que os açúcares se esgotam da mistura açucarada em fermentação, o vinho é enviado aos sedimentadores, onde ocorre a separação: de um lado o leite de levedura e, do outro, o vinho delevedurado (ALCARDE, 2017).

Há um novo processo de fermentação alcoólica, intitulada como tecnologia VHG (Very High Gravity), sigla em inglês que faz referência à alta concentração de açúcares no caldo fermentativo. Trata-se de uma fermentação alcoólica com reciclo de células, voltada à obtenção de vinhos de alto teor alcoólico. A produção de vinhaça durante a fermentação VHG é reduzida devido à maior taxa de conversão alcoólica, diminuindo o custo de produção de etanol (CRUZ, 2019).

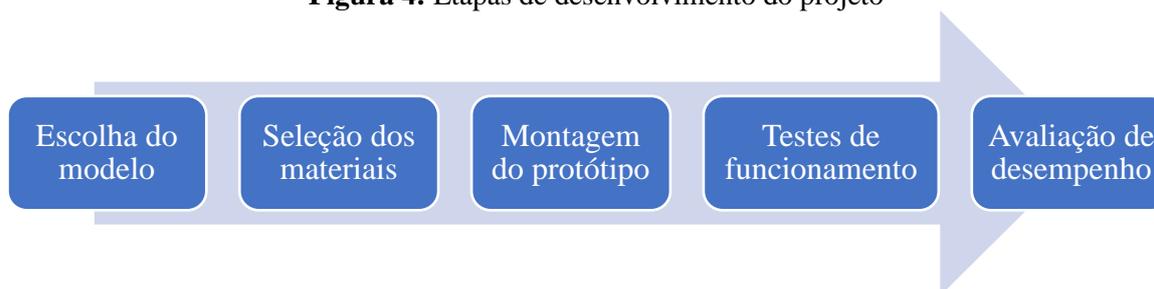
Tendo em vista o exposto anteriormente e a relevância nos processos industriais, este trabalho visa desenvolver, com baixo custo, um equipamento de sedimentação de pequena escala e com ciclo contínuo para recuperação do fermento após processo fermentativo, que permitirá o retorno do fermento para um novo processo de fermentação.

2. METODOLOGIA

O presente projeto foi desenvolvido na Universidade Brasil, campus Fernandópolis - SP. Em primeira instância, optou-se por um projeto de sedimentação em escala industrial, baseado em uma indústria sucroalcooleira da região, a qual, por suas normas internas, não autorizou sua citação, porém forneceu apoio e colaborou com testes voltados ao projeto.

O desenvolvimento deste projeto seguiu as etapas elencadas na Figura 4:

Figura 4: Etapas de desenvolvimento do projeto



Fonte: Autoria própria (2019).

Montou-se o protótipo, considerando os custos mencionados na Tabela 1.

Tabela 1: Custo dos materiais aplicados

Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Placa de Vidro 20 x 13 cm	4		
Placa de Vidro 13 x 13 cm	1		
Placa de Vidro 15 x 10 cm	4	R\$ 130,00	R\$ 130,00
Placa de Vidro 10 x 10 cm	2		
Placa de Vidro 10 x 11 cm	4		
Silicone branco Wurth 180g	2	R\$ 23,90	R\$ 47,80
Cantoneira Branca ¾	3 m	R\$ 13,00	R\$ 39,00

Continua...

... Conclusão

Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Abraçadeira 9 mm	12	R\$ 3,58	R\$ 42,96
Registro Esfera Profield Remadi ¾	2	R\$ 17,60	R\$ 35,20
Joelho interno duplo	2	R\$ 2,66	R\$ 5,32
Adaptador interno ¾"x1/2"	8	R\$ 2,15	R\$ 17,20
Aplicador de Silicone	1	R\$ 24,00	R\$ 24,00
Lâmina Serra Metal	1	R\$ 4,40	R\$ 4,40
Mangueira Cristal	2 m	R\$ 5,30	R\$ 10,60
Placa de MDF 90 x 40cm	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Parafuso fenda-philipis	32	R\$ 0,15	R\$ 4,80
Mini cantoneira	16	R\$ 0,50	R\$ 8,00
Combustível	-	-	R\$ 70,00
Projeto em 3D	-	-	R\$ 30,00
		TOTAL	R\$ 494,28

Fonte: Autoria própria (2019).

Para desenvolver o projeto de sedimentação utilizaram-se recursos próprios, estabelecidos e providenciados nas proporções adequadas para o funcionamento do protótipo, como descrito no Quadro 1.

Quadro 1: Desenvolvimento do protótipo

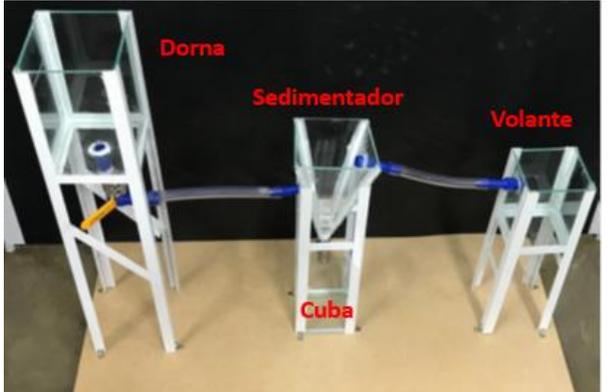
01	<p>Produziram-se testes com o fermento “cru” para ver seu tempo de sedimentação e sua aplicação na prática em escalas reduzidas.</p>	
-----------	--	--

Continua...

02	Escolheu-se o material que para apresentação trouxesse maior visibilidade ao processo e, ao mesmo tempo, otimizasse custos.																							
03	Elaborou-se dimensionamento das placas de vidro de 4mm de espessura, para que suportassem 3L de fermento na dorna; 0,720L no sedimentador; 1,5L na dorna volante e 1,1L na cuba.	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Quantidade</th> <th>Tamanho (cm)</th> <th>Capacidade (L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Dorna</td> <td>4</td> <td>20x13</td> <td rowspan="2">3,4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>13x13</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Volante</td> <td>4</td> <td>15x10</td> <td rowspan="2">1,5</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10x10</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Cuba</td> <td>4</td> <td>10x11</td> <td rowspan="2">1,1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10x10</td> </tr> </tbody> </table>		Quantidade	Tamanho (cm)	Capacidade (L)	Dorna	4	20x13	3,4	1	13x13	Volante	4	15x10	1,5	1	10x10	Cuba	4	10x11	1,1	1	10x10
	Quantidade	Tamanho (cm)	Capacidade (L)																					
Dorna	4	20x13	3,4																					
	1	13x13																						
Volante	4	15x10	1,5																					
	1	10x10																						
Cuba	4	10x11	1,1																					
	1	10x10																						
04	Executou-se a montagem utilizando cola Tek Bond — silicone acético; a qual nos testes não aguentou a pressão de 3L, e substituiu-se pela cola Wurthde Silicone W-MAX.																							
05	Agregou-se um alicerce metálico para melhor sustentação da estrutura de vidro.																							
06	Empregaram-se adaptadores internos de dimensões: 3/4" x 1/2" e fixou-se a mangueira que transportará o fluido durante o processo.																							

Continua...

... Conclusão

07	Exercitou-se a aplicação de registros (Esfera Profield/ Remadi) na saída da dorna e sedimentador para controlar a vazão.	
08	Usaram parafusos e mini cantoneiras para fixação em placa de MDF.	
09	Montagem do protótipo finalizada.	

Fonte: Autoria própria (2019).

Obteve-se o fermento que foi sedimentado e testado no protótipo, através do processo de fermentação elaborado conforme Quadro 2.

Quadro 2: Processo de fermentação para obtenção de amostras de fermento a ser sedimentado

01	Coletou-se amostra de mel residual do processo de fabricação de açúcar para preparação de uma mistura açucarada.	
----	--	--

Continua...

... Conclusão

02	Através da diluição do mel residual com água, preparou-se uma mistura açucarada com o teor de sólidos solúveis em duas proporções: um menos concentrado e outro mais concentrado.	
03	Em seguida, inseriu-se o fermento (levedura <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>) nas duas condições de sólidos solúveis, dando início ao processo fermentativo.	
04	Acompanhou-se o processo de fermentação de hora em hora com auxílio de um microdestilador de álcool e densímetro digital, com o intuito de verificar a evolução do teor alcóolico no vinho.	
05	Durante a fermentação, o fermento ficou acondicionado em estufa com temperatura controlada, com objetivo de proporcionar um ambiente ideal.	

Fonte: Autoria própria (2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

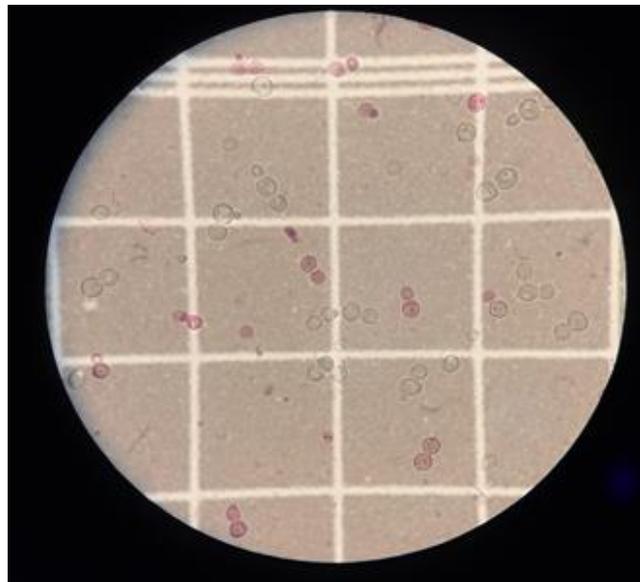
Para realizar o processo de sedimentação no protótipo construído e concretizar o bom funcionamento do mesmo, simulou-se um processo fermentativo. Para este processo fermentativo, utilizou-se uma levedura floculante com os dados analíticos citados na Tabela 2. Dados estes que foram obtidos com auxílio de um microscópio.

Tabela 2: Resultados analíticos das leveduras utilizadas para o processo fermentativo

Análises	Resultados analíticos
Viabilidade (%)	54,25
Brotamento (%)	16,42
Levedura/mL	$4,38 \times 10^8$
Bastonetes/ mL	$2,05 \times 10^5$

Fonte: Autoria própria (2019).

A Figura 5 mostra o formato das leveduras utilizadas no teste de fermentação alcoólica.

Figura 5: Vista pelo microscópio das leveduras vivas (transparentes) e mortas (rosadas)

Fonte: Autoria própria (2019).

Para o processo fermentativo, preparou-se uma mistura de fermento com solução açucarada na proporção respectiva de 30 e 70% do volume total da dorna, considerando uma margem de segurança. Elaboraram-se duas linhas de fermentação de misturas açucaradas com concentrações distintas, ou seja, uma delas com teor de sólidos solúveis de $10,07^\circ$ (linha 1) e a outra com $19,55^\circ$ (linha 2). Com auxílio de um microdestilador de álcool e um densímetro digital, acompanhou-se a evolução do processo fermentativo da levedura por meio do aumento gradativo do teor alcoólico no vinho, conforme Tabela 3. Este processo fermentativo levou em torno de 8 horas para concluir a fermentação, conforme tempo indicado por Cruz (2019).

Tabela 3: Acompanhamento da evolução do teor alcóolico durante a fermentação

Linha fermentação 1		Linha fermentação 2	
Horas de fermentação	Teor alcóolico (°GL)	Horas de fermentação	Teor alcóolico (°GL)
01:00	0,12	01:00	0,62
02:00	0,48	02:00	1,38
03:00	1,48	03:00	2,24
04:00	1,54	04:00	3,58
05:00	2,22	05:00	4,80
06:00	3,18	06:00	5,76
07:00	3,32	07:00	6,20
08:00	3,40	08:00	6,40

Fonte: Autoria própria (2019).

Os dados da Tabela 3 indicaram o ponto final da fermentação e comprovaram a informação de Cruz (2019), pois, para a elevação do teor alcóolico no vinho, é necessário maior concentração de sólidos solúveis na mistura açucarada para fermentação, em que se obteve na linha 2 um teor alcóolico de 6,40°, superior a 3,40° da linha 1, devido à concentração dos sólidos solúveis estar maior que na linha 1.

Tendo em vista o tempo do processo fermentativo de 8 horas e não havendo mais aumento do teor alcóolico do vinho de forma considerável, concluiu-se que o processo de fermentação chegara ao fim, e que a mistura fermentada estava pronta para a fase de sedimentação no protótipo construído.

Antes de avaliar a eficiência de sedimentação no protótipo com a mistura fermentada, o mesmo foi testado (utilizando água como referência), para detectar possíveis vazamentos nos pontos de conexão. No teste, detectaram-se dois escapes na área inferior do projeto, sendo um no conector da dorna e o outro no conector do sedimentador, conforme Figura 6. Com auxílio de uma cola de silicone, os vazamentos foram solucionados.

Figura 6: Detecção de vazamento no teste realizado com água

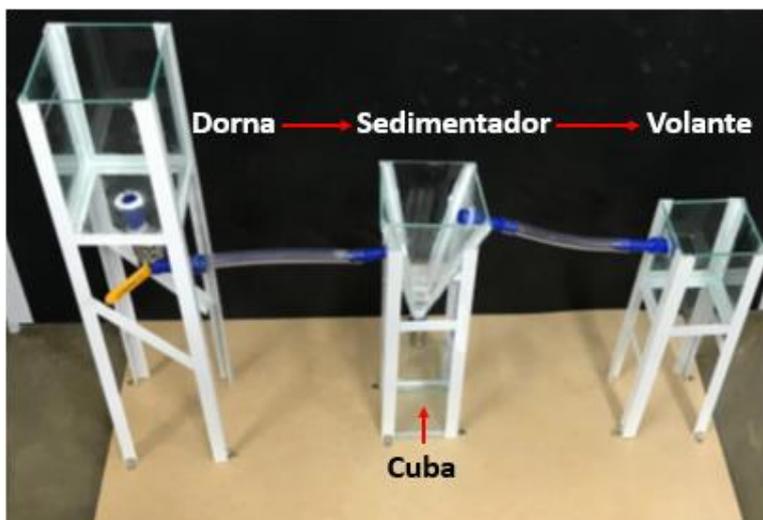


Fonte: Autoria própria (2019).

Logo após, conduziu-se a mistura fermentada ao protótipo e seguiu-se com o processo de sedimentação para recuperação do fermento. Processo este que contemplou os seguintes trajetos (conforme Figura 7): transferiu-se a mistura fermentada para a dorna; em processo contínuo e com controle de vazão, a mistura seguiu para o sedimentador. No sedimentador por conta da gravidade, o fermento que é mais denso foi se depositando ao fundo e, aos poucos, foi sendo retirado pela cuba. Já o sobrenadante que ficou no sedimentador, que é o vinho, foi recolhido na volante.

O controle de vazão pela abertura das válvulas foi de extrema importância, pois como foi simulado um processo contínuo, teve-se que manter uma vazão controlada a tempo de sedimentar o fermento, e ao mesmo tempo ir retirando-o lentamente pela cuba para não misturar as fases que já haviam se separado.

Figura 7: Percurso para sedimentação por meio do protótipo



Fonte: Autoria própria (2019).

Determinou-se a vazão do percurso da dorna para o sedimentador, como também do sedimentador para a volante. Para isso, com auxílio de um temporizador, cronometrou-se o tempo que a mistura levou para percorrer de um compartimento a outro, como também mediu-se o volume que ficou retido em cada compartimento. E, assim, foi possível apurar usando a Equação 1, a vazão de ambos esses percursos, que tiveram os resultados mencionados na Tabela 4.

$$Q_v = \frac{V}{T}, \quad (\text{Equação 1})$$

em que, Q_v é a vazão volumétrica (m^3/s), V é o volume (m^3) e T é o tempo (s).

Tabela 4: Vazões volumétricas obtidas durante processo de sedimentação

	Fórmula Aplicada	Substituição	Resultado (m^3/s)
Vazão da dorna para sedimentador	$Q_v = \frac{\text{Volume (m}^3\text{)}}{\text{Tempo (s)}}$	$Q_v = \frac{0,002}{60}$	$3,33 \times 10^{-5}$
Vazão do sedimentador para a volante	$Q_v = \frac{\text{Volume (m}^3\text{)}}{\text{Tempo (s)}}$	$Q_v = \frac{0,0006}{226}$	$2,65 \times 10^{-6}$

Fonte: Autoria própria (2019).

A vazão do sedimentador para a volante ($2,65 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$) foi menor comparando com a vazão da dorna para o sedimentador ($3,33 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$), pois, como se tratou de um processo

contínuo, foi feita a retirada do sobrenadante e ao mesmo tempo a retirada pela cuba do fermento sedimentado.

A Figura 8 mostra o momento em que ocorreu a sedimentação no protótipo.

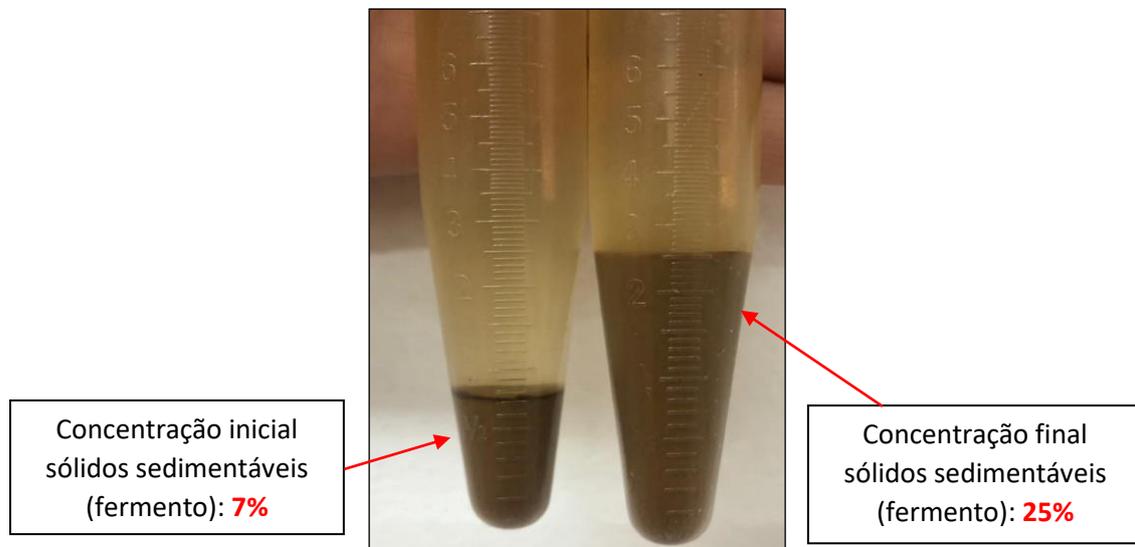
Figura 8: Sedimentação do fermento no protótipo



Fonte: Autoria própria (2019).

E, para certificar a eficiência do protótipo, reservaram-se duas amostras, sendo elas: uma amostra antes do processo de sedimentação e outra amostra que foi recolhida após o processo de sedimentação no protótipo. Em ambas as amostras coletadas, foi realizada a análise de concentração de sólidos sedimentáveis com auxílio de uma centrífuga (neste caso os sólidos sedimentáveis são o próprio fermento). E os resultados foram satisfatórios, pois a concentração inicial da mistura foi de 7%, enquanto após a sedimentação no protótipo, a concentração alcançou 25% (conforme Figura 9), ou seja, teve um aumento de 18%, visto que o intuito do protótipo era demonstrar a recuperação do fermento através da sedimentação após um processo de fermentação alcoólica.

Figura 9: Resultados obtidos da concentração de sólidos sedimentáveis



Fonte: Autoria própria (2019).

Vale ressaltar que, de acordo com Guidini (2013), “a levedura floculante tem uma característica importante, o qual permite que as células de levedura formem flocos e decantem facilmente no caldo fermentado”. Essa afirmação foi comprovada, pois além do funcionamento do protótipo, a característica floculante da levedura utilizada foi importantíssima para os resultados obtidos.

Sendo assim, a realização do presente protótipo permitiu a melhor compreensão das atividades industriais do processo fermentativo que utilizam o processo de sedimentação. E, tendo como referência o artigo de Campos (2013), foi possível confirmar que essa etapa é de grande importância.

4. CONCLUSÃO

Com base no projeto elaborado e pelos resultados obtidos, certificou-se que o protótipo apresentou eficiência conforme esperado. Foi possível recuperar o fermento por meio de um processo de sedimentação, visto que se obteve o aumento da concentração de sólidos sedimentáveis de 7% para 25%. Essa recuperação deve acontecer devido à necessidade de retornar as leveduras para um novo processo fermentativo e o líquido fermentado que, posteriormente, será encaminhado para a destilaria para a produção de etanol.

Verificou-se também, principalmente em uma perspectiva industrial, que é de extrema importância ter todo o controle de vazão e de níveis, já que um descuido ou uma falha podem ser altamente prejudiciais ao processo, ocasionando descontroles e perdas.

Observou-se também, em relação às simulações das fermentações, que quanto maior o teor de sólidos solúveis nas misturas açucaradas, mais forçada é a fermentação, tendo como consequência um aumento considerável no teor alcóolico do vinho.

Para um processo de fermentação alcóolica que utiliza a sedimentação como meio de recuperação do fermento, notou-se a extrema importância de uma levedura com características floculantes, pois além da força da gravidade, a sedimentação acontece de forma efetiva.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, A. R. **Fermentação**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_105_22122006154841.html. Acesso em: 18 out. 2019.

AROUCA, Fábio de Oliveira. **Uma Contribuição ao Estudo da Sedimentação Gravitacional em Batelada**. 2007. 162 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15096/1/FOAroucaTES01PRT.pdf>. Acesso em: 18 out. 2019.

BABIC, D.; PFENNIG, A. **Direct Modelling of Unit Operations on Molecular Level**. Proc. 16th Eu. Symp. Computer Aided Process Eng. and 9th Int. Symp. PSE, Eds. W. Marquardt, C. Pantelides, Elsevier, p. 359-364, 2006.

CAMPOS, Edilene N. **Desempenho da recentrifugação celular no processo de fermentação de etanol biocombustível em escala industrial**. 2013. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis) – Universidade Federal do Paraná, Palotina – PR, 2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/35288/Desempenho%20da%20recentrifugacao%20celular%20no%20processo%20de%20fermentacao%20de%20etanol%20biocombustivel%20em%20esca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 out. 2019.

CARVALHO, Diéry de L.; SOUZA, Marco Antônio C. de; ZEMPULSKI, Denise A. **Utilização do método eletrofloculação para tratamento de efluentes industriais**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 03, n. 14, p. 14-28, ago. 2015.

COELHO, P. *Saccharomyces cerevisiae*. Disponível em: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2013/09/saccharomyces-cerevisiae.html>. Acesso em: 20 out. 2019

COSTA, Palmira Fontes da (org.). **Manifesto para uma nova química: o Discurso Preliminar do Traité Elementaire de Chimie de Antoine Laurent Lavoisier**. Lisboa: Editora Palavrão, 2015.

CREMASCO, Marco Aurélio. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidomecânicos**. São Paulo: Editora Blücher, 2012.

CRUZ, Mariana Lopez. **Avaliação de condições operacionais na fermentação alcoólica VHG empregando diferentes cepas de *Saccharomyces cerevisiae***. 2019. 119 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24567/3/AvaliacaoCondicoesOperacionais.pdf>. Acesso em: 18 out. 2019.

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L. B. **Princípio das Operações Unitárias**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1982.

GUIDINI, Carla Zanella. **Fermentação Alcoólica em Batelada Alimentada Empregando *Saccharomyces Cerevisiae* de Características Floculantes**. 2013. 148 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15069/1/Carla%20Zanella.pdf>. Acesso em: 18 out. 2019.

JÚNIOR, R. N. L.; ABREU, F. O. M. S. **Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas**. Revista Virtual de Química, v. 10, n. 3, p. 714, jun. 2018.

MADIGAN, Michael. **Microbiologia de Brock**. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.

MEDEIROS, D.H.M. **Ambientes hipersalinos no litoral semiárido brasileiro: zona estuarina do Rio Apodi – Mossoró (RN)**. 2016. 151 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) –Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: <http://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=84225>. Acesso em: 18 out. 2019.

NOVAES, L.F. **Modelo para a quantificação da disponibilidade hídrica na bacia do Paracatu**. 2005. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9726/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 18 out. 2019.

PFENNIG, A. **Distillation Simulated on Molecular Level**. Molecular Simulation, v. 30, n. 6, p. 361-366, 2004.