

CONTRIBUIÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE NA EDUCAÇÃO TÉCNICA: REUSO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO COMO CAMINHO PARA REDUÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL

 <https://doi.org/10.56238/arev6n3-276>

Data de submissão: 20/10/2024

Data de publicação: 20/11/2024

João Hermem Fagundes Tozatto

Doutor em Engenharia Civil

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ)

E-mail: joao.tozatto@cefet-rj.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1814-0434>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/6253334950281588>

RESUMO

O presente estudo investiga o impacto da reutilização de resíduos sólidos gerados durante as aulas práticas do Curso Técnico em Construção Civil do CEFET-RJ. O objetivo principal é analisar como práticas pedagógicas sustentáveis podem reduzir o impacto ambiental do setor da construção civil, simultaneamente capacitando os discentes para enfrentar os desafios globais de sustentabilidade no setor. A pesquisa utilizou métodos quantitativos e qualitativos para avaliar a eficiência da reutilização de materiais, como a argamassa 'argalama' e tubulações de PVC, em dois laboratórios distintos: Alvenaria e Instalações Hidráulicas. Os resultados evidenciam que estas práticas, superados os obstáculos, podem reduzir os custos com materiais e o consumo de recursos naturais, como água e energia, sem comprometer a qualidade das atividades didáticas. As conclusões indicam que a integração de práticas sustentáveis na educação técnica não apenas contribui para a formação de profissionais com maior consciência ambiental, mas também possibilita o desenvolvimento de soluções com esta abordagem em projetos de construção reais. O estudo ressalta a relevância da educação técnica como agente de transformação no contexto da sustentabilidade, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 4 e 12.

Palavras-chave: Construção Civil. Ensino Profissionalizante. Reutilização. Resíduos da Construção e Demolição. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, observa-se uma preocupação crescente com as mudanças climáticas e a degradação ambiental do planeta. Esse cenário impulsionou o desenvolvimento de políticas e ações voltadas ao conceito de desenvolvimento sustentável. Organizações internacionais, como a Organização das Nações Unidas, por exemplo, buscam incentivar práticas que promovam a integração das questões ambientais ao desenvolvimento econômico, como evidenciado na Agenda 21. Este documento reconhece que o crescimento populacional, associado ao aumento da produção industrial e à exploração intensiva dos recursos naturais, tem acelerado a degradação dos ecossistemas, colocando em risco o bem-estar global (UNITED NATIONS, 1992). O setor da construção civil, como um dos maiores geradores de resíduos sólidos, desempenha papel significativo neste cenário (BRASIL, 2010b).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) ressalta que a emissão de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), proveniente da decomposição de resíduos sólidos, constitui um dos principais fatores que contribuem para o aquecimento global. Neste contexto, a indústria da construção civil destaca-se como uma das maiores geradoras de resíduos, tanto em áreas urbanas quanto rurais.

De acordo com o Diagnóstico Temático sobre Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos de 2021, os resíduos da construção civil continuam sendo um dos maiores componentes dos resíduos sólidos urbanos, representando parcela expressiva dos resíduos gerados nas áreas urbanas do Brasil. Estimativas indicam que os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) correspondem a uma porção significativa, variando de 51% a 70% do total de resíduos sólidos urbanos gerados nos principais centros urbanos do país. Estes percentuais evidenciam o impacto substancial do setor da construção civil na geração de resíduos no Brasil (BRASIL, 2021).

A implementação de políticas sustentáveis, especialmente em países em desenvolvimento, enfrenta desafios econômicos e sociais significativos. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida em 2010, visa promover a gestão integrada de resíduos e incentivar a reciclagem. No entanto, embora a PNRS tenha proporcionado avanços, sua implementação enfrenta obstáculos, como a carência de infraestrutura em diversas regiões e a dificuldade de integração dos objetivos da política com os desafios locais enfrentados pelos municípios de menor porte (BRASIL, 2021; BRASIL, 2010b). Estudos demonstram que, embora 95% dos municípios brasileiros tenham estabelecido planos de gestão de resíduos sólidos, apenas 35% conseguiram implementá-los efetivamente devido à limitações orçamentárias e falta de capacidade técnica (BRASIL, 2020a).

O Brasil não enfrenta este desafio isoladamente. Em países emergentes como a África do Sul, a implementação de políticas ambientais, especialmente no setor de resíduos sólidos, também encontra obstáculos significativos. Embora exista uma estrutura política definida, a carência de recursos financeiros e o monitoramento deficiente comprometem os resultados. Ademais, existe uma desconexão entre as políticas nacionais e as realidades locais, dificultando a adoção de práticas sustentáveis por pequenos empreendimentos da construção civil (GODFREY et al., 2020).

Este cenário evidencia a necessidade de políticas mais adaptativas e descentralizadas que considerem as particularidades locais e forneçam suporte financeiro e técnico adequado, tanto no Brasil quanto em outros países emergentes. O setor da construção civil tem buscado soluções inovadoras, incluindo incentivos fiscais e linhas de crédito específicas para projetos de reciclagem e gestão de resíduos, visando superar as barreiras de implementação (HAITHERALI e ANJALI, 2024; RAHMAN et al., 2021).

No contexto educacional, a integração de práticas sustentáveis em laboratórios técnicos tem sido explorada. Estudos indicam que a reutilização de resíduos da construção civil pode não apenas reduzir o volume de resíduos gerados, mas também atuar como instrumento pedagógico efetivo. Ademais, a conscientização dos discentes sobre o ciclo de vida dos materiais e o impacto ambiental das atividades práticas contribui diretamente para a criação de uma cultura de sustentabilidade no setor da construção civil (BATISTA et al, 2015; SIMONA, 2023).

A integração da sustentabilidade no ambiente pedagógico, particularmente nos cursos técnicos e profissionalizantes, oferece uma oportunidade singular para que os futuros profissionais adquiram uma compreensão mais holística dos problemas ambientais e desenvolvam as competências necessárias para implementar soluções inovadoras. A transdisciplinaridade, em particular, proporciona um caminho para que diferentes áreas do conhecimento colaborem, permitindo aos discentes estabelecer conexões entre as ciências exatas e sociais e desenvolver uma visão crítica das implicações ambientais das práticas construtivas (MORIN, 2000).

A educação ambiental no nível médio é diretamente relevante para a formação discente, especialmente em cursos técnicos voltados à construção civil. Segundo a UNESCO, ela contribui para o desenvolvimento de competências críticas e conscientização sobre os desafios ambientais globais, incentivando os jovens a participarem na busca por soluções sustentáveis (UNESCO, 2017). Esta fase do processo educacional constitui um momento oportuno para introduzir conceitos como reciclagem, reutilização de materiais e responsabilidade ambiental, elementos que influenciam suas futuras escolhas profissionais (ALTASSAN, 2023; CROSSLAND, 2024).

No Brasil, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (DCNEA) enfatizam a necessidade de incorporar práticas sustentáveis no currículo escolar, focando em abordagens interdisciplinares e métodos práticos para tratar questões ambientais (BRASIL, 2012; BRASIL, 1999). Na construção civil, esta formação técnica e ambiental permite aos discentes compreender os impactos ambientais de suas atividades profissionais. Adicionalmente, promove o entendimento do ciclo de vida dos materiais e o uso de tecnologias mais sustentáveis, preparando os estudantes para lidar com os desafios do setor (SANDANAYAKE et al., 2022; WEIRS e OSBORNE, 2020).

No CEFET-RJ, esta abordagem está integrada às práticas pedagógicas, com ênfase na experimentação em laboratórios de construção civil (BRASIL, 2020b). O uso de resíduos reciclados, como a argalama, demonstra como os discentes podem aprender a aplicar soluções sustentáveis no exercício de suas atribuições. Esta prática transdisciplinar permite aos estudantes encontrarem soluções para os desafios ambientais do setor e compreender as implicações de suas decisões (SCHÜTZENHOFER et al., 2022).

Este artigo objetiva analisar o impacto da reutilização de resíduos sólidos gerados nas aulas práticas do curso técnico em construção civil do CEFET-RJ. Com base em uma revisão dos procedimentos utilizados nos laboratórios, foram propostas soluções de reciclagem e reutilização que visam reduzir o volume de resíduos gerados e maximizar o uso de insumos reciclados. Esta abordagem alinha-se às práticas globais de economia circular e educação para a sustentabilidade.

2 METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido utilizando abordagens quantitativas e qualitativas para analisar os materiais e procedimentos utilizados durante as aulas práticas em alguns laboratórios do curso de Construção Civil do CEFET-RJ. A seguinte metodologia foi adotada:

2.1 JUSTIFICATIVA DA AMOSTRAGEM

A seleção dos Laboratórios de Alvenaria e Instalações Hidráulicas para este estudo baseou-se em critérios específicos. Primeiramente, estes laboratórios representam áreas fundamentais na formação técnica em construção civil, oferecendo uma visão abrangente das práticas do setor. Ademais, estes ambientes geram uma variedade significativa de resíduos, proporcionando oportunidades robustas para a implementação e avaliação de práticas de reutilização. A escolha também considerou a frequência de utilização destes laboratórios no currículo, assegurando um volume adequado de dados

para análise durante o período do estudo e a afinidade dos pesquisadores selecionados com estas disciplinas.

2.2 PERÍODO E CONTEXTO DO ESTUDO

Este estudo baseou-se em projetos de iniciação científica no nível médio, conduzidos no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica para o Ensino Médio (PIBIC-EM). Estes projetos representaram os resultados iniciais do projeto de pesquisa mais amplo intitulado "Reutilização de Resíduos Sólidos da Construção Civil Aplicada ao Ambiente Pedagógico", iniciado em 2008.

Os projetos foram selecionados por meio de edital específico e receberam fomento para sua execução. A pesquisa foi realizada durante um período de um ano, de 2008 a 2009, com a participação de estudantes bolsistas selecionados. Este intervalo temporal permitiu uma observação completa de um ciclo anual de aulas práticas, abrangendo diferentes turmas e períodos acadêmicos. A duração do estudo possibilitou uma análise abrangente das práticas de reutilização e geração de resíduos ao longo de dois semestres letivos, captando variações curriculares e operacionais dos laboratórios durante um ano letivo completo.

2.3 COLETA DE DADOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS

Inicialmente, realizou-se um levantamento abrangente para coletar dados sobre os materiais, métodos e equipamentos utilizados nas atividades laboratoriais. Este processo envolveu observação direta e entrevistas com os docentes responsáveis pelas práticas laboratoriais. Os docentes participantes consentiram, por meio de seus depoimentos, em colaborar com o estudo. O processo de entrevista foi conduzido garantindo o sigilo, e os dados coletados passaram por um processo para preservar a privacidade dos envolvidos. Ademais, a equipe de pesquisa examinou o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) dos Cursos Técnicos em Edificações e em Estradas do CEFET-RJ. A Coordenação de Construção Civil, representando a equipe gestora do curso, disponibilizou acesso ao caderno de práticas laboratoriais. Este recurso valioso detalhou os materiais, equipamentos e procedimentos para cada aula prática.

Com base nestas informações, foi possível mapear as práticas laboratoriais de cada disciplina, relacionando-as aos insumos e equipamentos utilizados, bem como aos resíduos gerados. O foco consistiu em identificar os principais materiais e equipamentos consumidos durante as aulas, a quantidade de resíduos sólidos produzida e as oportunidades para otimizar o uso dos recursos. Esta fase inicial forneceu a base para a análise subsequente e a proposição de práticas mais sustentáveis.

2.4 ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DO USO DE RECURSOS

Após a coleta de dados, a equipe de pesquisa analisou as informações reunidas para propor práticas alternativas visando à otimização do uso de recursos. Esta fase incluiu a avaliação de estratégias de reciclagem ou reutilização dos materiais envolvidos, como os resíduos de construção, bem como a consideração da redução de resíduos durante as atividades laboratoriais. A análise também envolveu discussões com os docentes para identificar boas práticas que pudessem contribuir para um uso mais sustentável dos recursos.

2.5 ABORDAGEM DE ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados coletados foi conduzida utilizando uma abordagem de métodos mistos. Para os dados quantitativos, foram utilizados os softwares Excel e Word para tabulação e análise estatística descritiva, incluindo cálculos de médias, percentuais e frequências de uso de materiais e geração de resíduos. A análise qualitativa das entrevistas e observações foi realizada por meio de codificação temática, identificando padrões recorrentes e temas relacionados às práticas sustentáveis, categorizando diferentes tipos de resíduos gerados e estratégias de reutilização, agrupando observações sobre o comportamento dos discentes em relação às práticas sustentáveis e desafios de implementação. Este processo foi realizado manualmente, permitindo uma imersão profunda nos dados e uma interpretação contextual das informações obtidas.

2.6 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

A validação dos resultados deste estudo foi conduzida por meio da comparação das informações obtidas nas entrevistas com docentes, observações laboratoriais e análise dos planos de curso. Os resultados preliminares foram apresentados em seminários internos do CEFET-RJ. Este processo permitiu o refinamento da interpretação dos dados e o fortalecimento das conclusões do estudo. Os resultados também foram comparados com a literatura sobre práticas sustentáveis na educação técnica e gestão de resíduos na construção civil.

2.7 INTEGRAÇÃO DE MATERIAIS RECICLADOS NAS PRÁTICAS LABORATORIAIS

A pesquisa também buscou identificar outros cursos laboratoriais no CEFET-RJ onde os Resíduos da Construção Civil (RCC) poderiam ser reutilizados como matéria-prima. Atenção especial foi dedicada ao estabelecimento de conexões entre diferentes cursos, explorando como abordagens transdisciplinares poderiam conduzir a soluções inovadoras na gestão e reutilização de materiais. Ao

integrar RCC nas atividades laboratoriais, o objetivo era demonstrar as aplicações práticas da reciclagem em um contexto educacional.

A Área de Construção Civil do CEFET-RJ possui oito espaços laboratoriais em seu Pavilhão para a formação discente, visando replicar alguns ambientes que os futuros profissionais encontrarão em sua vida prática. Estes laboratórios são:

- Laboratório de Armação
- Laboratório de Formas
- Laboratório de Alvenaria
- Laboratório de Instalações Hidráulicas
- Laboratório de Pintura
- Laboratório de Materiais de Construção
- Laboratório de Mecânica dos Solos

Para este estudo, conforme mencionado no subitem 2.1, foram utilizados apenas alguns dos laboratórios disponíveis, devido aos fatores ali expostos e à limitação do número total de pesquisadores por orientador (apenas dois). Conseqüentemente, foram inicialmente selecionados os Laboratórios de Alvenaria e de Instalações Hidráulicas. Cada um contou com a participação direta de um pesquisador designado, responsável pelo levantamento das atividades práticas relacionadas ao estudo. Esta abordagem assegurou o monitoramento contínuo do uso de materiais e equipamentos, bem como da geração de resíduos em cada ambiente. O suporte técnico foi fornecido pela coordenação de laboratórios da Área de Construção Civil do CEFET-RJ, Unidade Maracanã, que colaborou na supervisão das atividades e coleta de dados para análise posterior.

3 RESULTADOS

Os resultados apresentados nesta seção são provenientes do trabalho conduzido em dois laboratórios específicos do Curso de Construção Civil do CEFET-RJ, cada um supervisionado por um pesquisador designado. Estes pesquisadores foram responsáveis pelo monitoramento e análise do uso de materiais nas aulas práticas, propondo alternativas sustentáveis para reutilização de resíduos. Os resultados detalhados a seguir apresentam as principais constatações obtidas nos Laboratórios de Alvenaria e de Instalações Hidráulicas, onde foram testadas soluções para redução e reutilização de materiais.

3.1 LABORATÓRIO DE ALVENARIA

No Laboratório de Alvenaria do Curso de Construção Civil do CEFET-RJ, os experimentos concentraram-se na reutilização da argalama, uma mistura de argila, areia e água utilizada nas aulas práticas de alvenaria. A pesquisa conduzida por Pedro Aurélio Ferreira Rocha testou a viabilidade de reutilização da argalama após seu uso inicial, visto que todo o material era descartado após cada aula. Na Tabela 1, apresenta-se a campanha de testes realizada para verificar o potencial de reutilização da argalama.

Tabela 1 – Ensaios realizados para verificação do potencial de reutilização da argalama

Ensaio	Procedimentos	Tempo de secagem
A1	Amostra de parede de alvenaria de tijolo maciço assentado com argalama de traço 1:2 (areia/saibro)	2 dias
A2	Amostra de parede de alvenaria de tijolo maciço assentado com argalama de traço 1:3 (areia/saibro)	7 dias
B1	Balde com argalama de traço 1:2 (areia/saibro) úmida	2 dias
B2	Balde com argalama de traço 1:3 (areia/saibro) úmida	7 dias

Fonte: Rocha e Tozatto (2023).

Os ensaios foram conduzidos com duas composições diferentes de mistura (proporções 1:2 e 1:3), e as paredes experimentais foram desmontadas após dois e sete dias. A avaliação incluiu a trabalhabilidade da argalama seca e reidratada, bem como a facilidade de reaplicação em novas montagens. As Figuras 1, 2 e 3 ilustram alguns momentos desta campanha.

Os resultados evidenciaram que, após a adição de água, a argalama pôde ser reutilizada com sucesso, apresentando características satisfatórias para reuso em novas aulas. Os ensaios com a proporção 1:3 demonstraram maior plasticidade, o que favoreceu o manuseio em atividades subsequentes, enquanto a proporção 1:2, embora ligeiramente menos plástica, também foi reutilizada de maneira eficiente.

Estes experimentos indicam uma redução significativa na geração de resíduos durante as aulas práticas. A análise dos dados sugere uma redução potencial de até 95% nos resíduos de alvenaria, uma vez que a prática de reutilização pode ser aplicada em montagens sucessivas. Isto não apenas reduz o impacto ambiental, mas também promove uma abordagem mais consciente do uso de materiais entre os discentes.

Figura 1: Muretas experimentais construídas com argalama de traço 1:3.



Fonte: Rocha e Tozatto (2023).

Figura 2: Processo de desmontagem da mureta após 7 dias para reaproveitamento da argalama.



Fonte: Rocha e Tozatto (2023).

Figura 3 – Balde contendo argalama.



Fonte: Rocha e Tozatto (2023).

Uma vantagem adicional é o baixo custo da técnica, pois não requer materiais adicionais significativos, tornando sua implementação viável em ambiente educacional, especialmente em instituições públicas. A proposta de incorporar a reutilização da argalama nas práticas pedagógicas também serve para conscientizar os discentes sobre a importância da sustentabilidade na construção civil.

Embora estes resultados demonstrem potencial promissor para a reutilização da argalama, deve-se observar que os experimentos foram conduzidos sob condições laboratoriais controladas e por um número limitado de ciclos de reuso. Os efeitos a longo prazo da reutilização repetida não foram avaliados neste estudo.

3.2 LABORATÓRIO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

No Laboratório de Instalações Hidráulicas, a pesquisadora Fernanda de Mesquita Araújo conduziu um estudo focado na reutilização de tubos de PVC, material amplamente utilizado nas aulas práticas. O estudo objetivou encontrar formas de reduzir os resíduos gerados durante a montagem e desmontagem de trajetórias hidráulicas de PVC soldadas e rosqueadas. Foram realizadas análises detalhadas referentes à quantidade de material desperdiçado nas aulas práticas. A Tabela 2 apresenta três das seis aulas práticas onde houve maior geração de resíduos.

Tabela 2 – Práticas do Curso Técnico em Edificações geradoras de maiores quantidades de resíduos.

Prática	Descrição
I	Execução de instalação em PVC soldável;
II	Corte, esquadreamento e abertura de rosca em PVC roscável
III	Execução de uma instalação de água com tubulação em PVC roscável

Fonte: Tozatto e Araújo (2020).

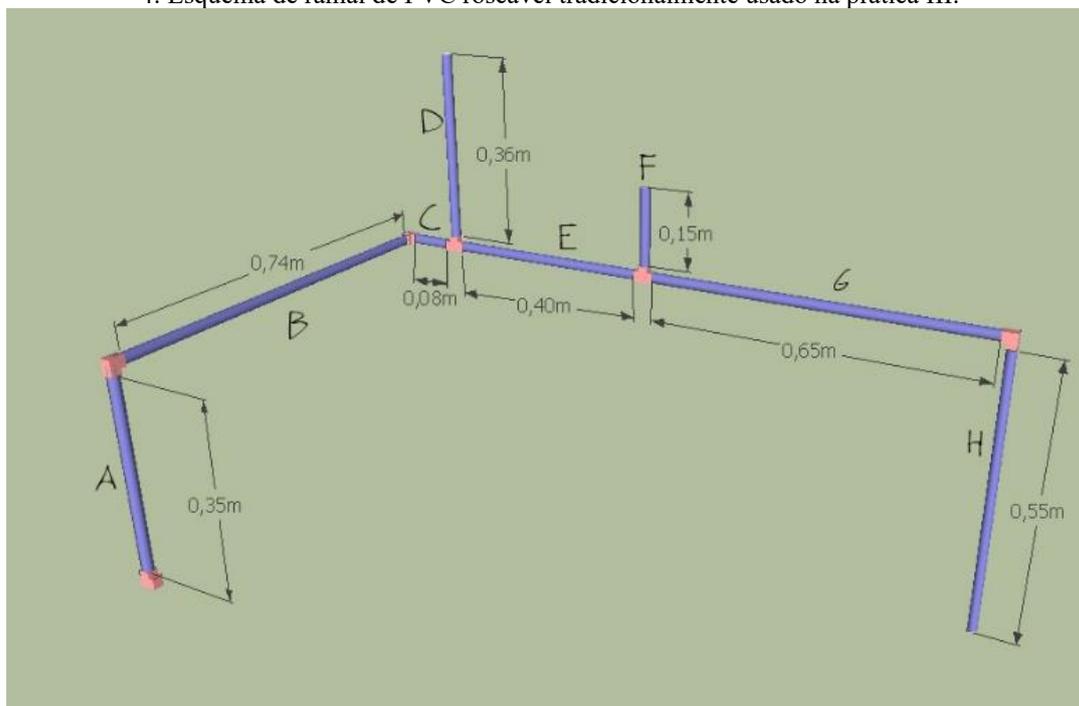
Ao longo das três práticas realizadas em um semestre, observou-se um desperdício médio de 15% a 20% dos tubos e conexões utilizados. A Tabela 3 apresenta os materiais e procedimentos empregados, e a Figura 4 fornece uma perspectiva do ramal executado pelos discentes nas práticas II e III.

Tabela 3 - Materiais e procedimentos utilizados em três das práticas executadas no Laboratório de Instalações Hidráulicas

Prática	Materiais	Procedimentos
I	Tubo PVC soldável 20 ou 25mm; Conexões soldáveis (Tê e joelho) 20 ou 25 mm; lixa d'água; adesivo plástico.	Cada aluno trabalha com um pedaço de 25 cm de tubo e solda um tê e um joelho em cada extremidade.
II	Tubo PVC roscável ½" ou ¾"; Conexões roscáveis (Tê e joelho) ½" ou ¾"; Fita veda-rosca.	Cada aluno trabalha com um pedaço de 25 cm de tubo e abre rosca, com auxílio de ferramentas apropriadas, em cada extremidade. Depois coloca duas conexões.
III	Tubo PVC roscável ½" e ¾"; Conexões roscáveis variadas de ½" ou ¾"; Chuveiro e registro; Fita veda-rosca.	Com base em um esquema de ramal fornecido, o aluno corta, esquadrinha e abre roscas para executar a instalação, proposta. Ela contempla as alturas de utilização de um chuveiro, vaso sanitário, pia e registro.

Fonte: Tozatto e Araújo (2020).

4: Esquema de ramal de PVC rosçável tradicionalmente usado na prática III.



Fonte: Tozatto e Araújo (2020).

Isto ocorre principalmente devido à falta de padronização no corte dos tubos, à não reutilização de peças maiores e à destinação destas peças, ao final das práticas, como 'brindes' ou lembranças para os discentes.

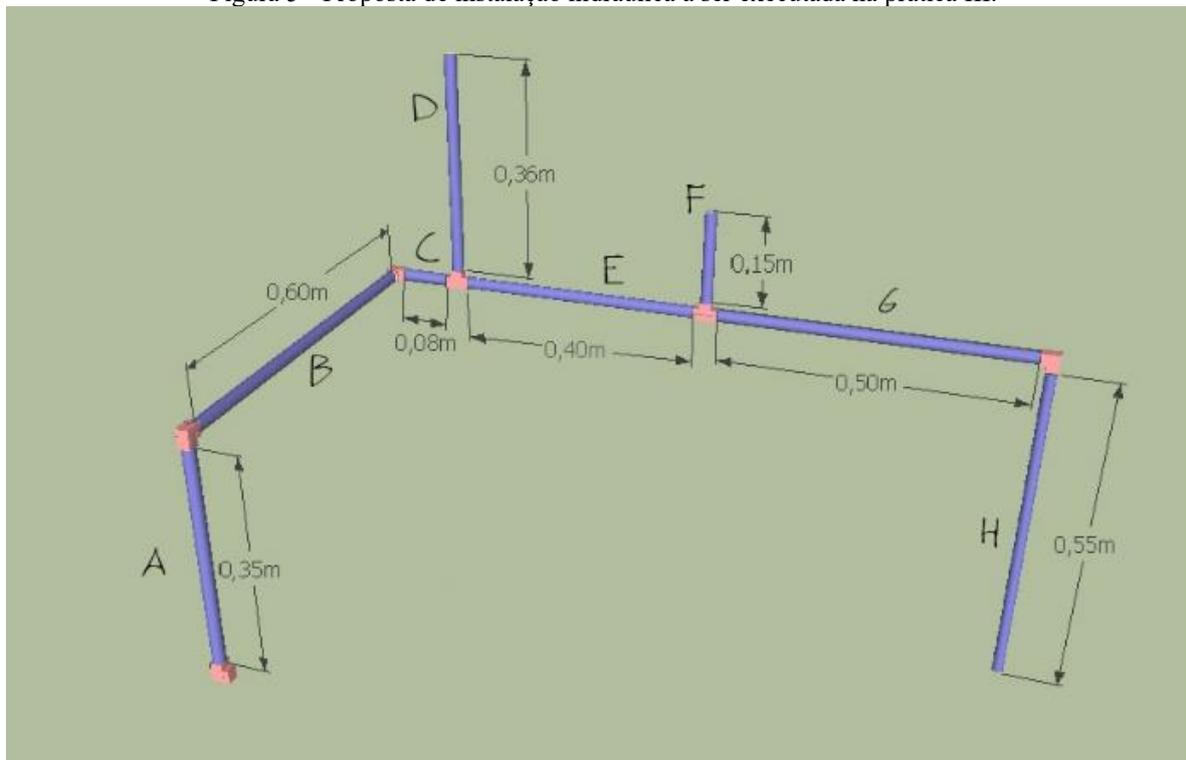
Para promover mudanças nessa forma do fazer docente, foram realizadas simulações visando otimizar os comprimentos dos tubos e reduzir o desperdício de material durante as práticas de corte, soldagem e rosqueamento. A Figura 5 apresenta a perspectiva da nova proposta de ramal a ser executada pelos discentes. A Tabela 4 apresenta as novas ações propostas para combater o desperdício.

Tabela 4 – Processos propostos para otimização do corte dos tubos de PVC

Processo 1	Com a vara de 3,0m já cortada em pedaços de 0,75m, procede-se à divisão de cada segmento de 0,75m em três partes de 0,25m. Isto gera 12 pedaços de tubo de PVC, distribuídos entre os alunos. Para uma melhor utilização, recomenda-se que eles façam a prática de solda e de abrir rosca nos seus respectivos pedaços de tubo de PVC. Caso se queira uma maior economia, pode-se trabalhar em duplas.
Processo 2	Após a utilização dos 12 tubos com 0,25m, as conexões e as partes já rosqueadas são retiradas, o que gera 0,04m de resíduo, mas o tubo agora com 0,20 (serram-se as extremidades) pode ser novamente utilizado.
Processo 3	É repetido o procedimento 2 nos 12 tubos com 0,20m o que gera 0,15m, ainda podendo ser reutilizado.
Processo 4	Repete-se o mesmo procedimento presente nos dois processos anteriores nos 12 tubos de 0,15m, resultando num tubo de 0,10m, sendo este último não mais reaproveitado, tornando-se resíduo sólido.

Fonte: Tozatto e Araújo (2020).

Figura 5 - Proposta de instalação hidráulica a ser executada na prática III.



Fonte: Tozatto e Araújo (2020).

Após a implementação experimental da nova proposta, os resultados indicaram que, por meio da padronização dos tamanhos de corte dos tubos e da reutilização dos tubos em práticas subsequentes, foi possível reduzir o consumo de tubos novos em até 66%. Adicionalmente, a reutilização de conexões e tubos menores mostrou-se uma solução prática e sustentável, com economia significativa de recursos ao longo do tempo.

Os dados também sugerem que a conscientização dos discentes e a adoção de práticas padronizadas, como o corte adequado e o manuseio cuidadoso dos tubos, podem ter impacto direto na redução de resíduos. A implementação de um fluxo simples de reutilização, conforme proposto no estudo, viabiliza o reaproveitamento de até 80% dos tubos utilizados durante o semestre letivo.

A criação de padrões claros para corte e montagem de PVC, aliada à promoção da reutilização, também amplia a conscientização sobre o ciclo de vida dos materiais, uma competência essencial para os futuros profissionais da construção civil.

É importante reconhecer que estas constatações se baseiam em um conjunto específico de aulas e grupos de discentes durante o período do estudo. A generalização destes resultados para diferentes contextos educacionais ou períodos mais extensos pode requerer investigações adicionais.

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos Laboratórios de Alvenaria e de Instalações Hidráulicas do CEFET-RJ demonstraram que a reutilização de resíduos pedagógicos, como a argalama, bem como tubos e conexões de PVC, contribui diretamente para a economia de materiais e a redução de impactos ambientais — mesmo que não em volumes muito significativos. O estudo confirma a viabilidade de integrar práticas sustentáveis no ambiente pedagógico, beneficiando tanto a formação técnica dos discentes quanto o desenvolvimento de consciência ambiental crítica.

Para uma compreensão mais detalhada dos impactos das mudanças propostas para práticas mais sustentáveis, os resultados obtidos nos dois ambientes pedagógicos estudados — o Laboratório de Alvenaria e o Laboratório de Instalações Hidráulicas — serão abordados separadamente. Cada um apresentou desafios específicos e soluções adaptadas à natureza dos resíduos gerados e dos materiais reutilizados.

4.1 LABORATÓRIO DE ALVENARIA

No Laboratório de Alvenaria, a pesquisa conduzida pelo pesquisador Pedro Aurélio Ferreira Rocha explorou a reutilização da argalama, uma argamassa pedagógica utilizada nas aulas práticas da disciplina de Tecnologia da Construção no Curso Técnico de Edificações há mais de 80 anos. Embora a origem exata ou o autor da argalama seja desconhecido, sua reutilização não era considerada dentro da prática laboratorial estabelecida — era simplesmente descartada.

Neste contexto, é importante ressaltar que as aulas práticas desempenham papel fundamental na formação de técnicos em edificações, pois visam contextualizar as técnicas utilizadas na tecnologia da construção. Diferentemente da formação de pedreiros, que se caracteriza pela repetição manual contínua de técnicas, a formação de técnicos busca integrar teoria e prática de maneira mais ampla e conceitual. Neste sentido, uma única aula prática permite a aplicação e vivência imediata dos conceitos teóricos aprendidos em sala de aula (DEWEY, 1959; KOLB, 2014).

De acordo com o Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Edificações (BRASIL, 2020b), o objetivo da primeira prática de alvenaria é familiarizar os discentes com os tipos de alvenaria e os materiais utilizados em sua construção. Consiste em apresentar as ferramentas, seu manuseio e utilização. Como parte integrante desta introdução, são apresentados os materiais utilizados para construir uma parede de alvenaria, junto aos conceitos teóricos de assentamento da argamassa, seu preparo e a execução da alvenaria utilizando tijolos maciços. Os equipamentos e ferramentas empregados incluem baldes plásticos de 20 litros, colheres de pedreiro e níveis de prumo.

A contribuição de Pedro Aurélio concentrou-se em experimentar diferentes proporções de mistura (1:2 e 1:3), monitorar tempos de secagem e avaliar a trabalhabilidade e plasticidade da argalama reidratada para fins de reutilização. Os resultados indicaram que tanto a proporção 1:2 quanto a 1:3 permitiram a reutilização efetiva da mistura, com a proporção 1:3 apresentando maior plasticidade e facilitando o manuseio. A reutilização da argamassa por meio de métodos simples de reidratação permitiu seu uso em até três ciclos consecutivos sem comprometer a resistência ou acabamento das estruturas montadas.

Estudos com misturas cimentícias corroboram estas constatações, que sugerem que a reutilização em ambientes educacionais pode reduzir o uso de novos materiais em até 80%, criando uma abordagem economicamente viável e ambientalmente responsável para o ensino da construção civil (SILVA et al., 2014). A implementação de práticas sustentáveis na educação técnica pode ter impactos de longo prazo, tanto em termos de economia de recursos, mesmo que não em volumes muito significativos, quanto no fomento de uma cultura de reutilização entre os futuros profissionais. A Tabela 5 apresenta uma comparação entre o uso da argalama e da argamassa convencional.

Tabela 5 – Comparativo entre a argalama e a argamassa convencional.

Parâmetro	argalama (Areia+Saibro+Água)	Argamassa Convencional (Cimento +Areia+Água)
Custo	Reduzido, utiliza materiais simples e baratos	Maior, devido ao uso de cimento
Aplicação	Exclusivamente pedagógica, sem uso em obras	Usada em obras e para simulações práticas
Resistência	Não oferece resistência estrutural	Apresenta resistência mecânica, limitada
Sustentabilidade	Sustentável, não utiliza cimento	Impacto ambiental maior devido ao uso de cimento
Finalidade	Didática, prática educacional	Pedagógica e prática, utilizada em obras reais

Fonte: Rocha e Tozatto (2023).

A análise de custos é um dos principais fatores na seleção de materiais para a construção civil, especialmente em ambientes educacionais e de formação técnica, onde a viabilidade econômica das práticas precisa ser considerada. Nesta seção, comparamos os custos envolvidos na produção de 1m³ de argalama e de argamassa convencional, utilizando a Tabela SINAPI (CEF, 2024) como referência para os preços dos insumos.

A argalama, composta por argila, areia e água, apresenta custo significativamente menor em comparação à argamassa convencional, que é composta por cimento, areia e água. A comparação dos custos de insumos revela que, enquanto a argamassa convencional utiliza seis sacos de cimento por metro cúbico, a argalama substitui o cimento por argila, resultando em redução substancial no preço final.

Com base em uma taxa de conversão fictícia (1 USD = 5 BRL), os custos em dólares americanos (USD) são os seguintes:

- O custo de produção de 1m³ de argalama é aproximadamente 22,3 USD.
- O custo de produção de 1m³ de argamassa convencional é aproximadamente 50,3 USD.

Esta diferença significativa de custo pode ser atribuída principalmente à substituição do cimento, material mais oneroso, pela argila, que é mais acessível.

Adicionalmente, o uso da argalama não requer o mesmo nível de resistência estrutural que a argamassa convencional, tornando-a uma solução pedagógica eficaz e de baixo custo para práticas em laboratórios técnicos, onde o objetivo primário é o ensino de técnicas construtivas, e não a execução de estruturas permanentes.

Em termos de impacto econômico, o uso da argalama em atividades pedagógicas de contextualização do uso de técnicas e ferramentas oferece uma alternativa mais sustentável e acessível, permitindo que instituições de ensino reduzam custos operacionais sem comprometer a qualidade do aprendizado. Ademais, a redução no uso de cimento auxilia na diminuição dos impactos ambientais, visto que a produção de cimento é um dos principais contribuintes para as emissões de CO₂ na indústria da construção.

4.2 LABORATÓRIO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

No Laboratório de Instalações Hidráulicas, observou-se uma perda considerável de material nas práticas vigentes devido à falta de compatibilização entre o projeto do ramal e o tamanho dos tubos de PVC, à ausência de cortes padronizados e ao descarte de todo o trabalho executado como lembrança para os discentes. A pesquisa conduzida por Fernanda de Mesquita Araujo objetivou otimizar o uso dos tubos de PVC para reduzir o desperdício.

As propostas de um novo projeto de ramal, a introdução de padrões de corte e a reutilização de tubos e conexões de menor dimensão geraram economia de recursos nas aulas práticas, mesmo que não em grandes volumes. A Tabela 6 apresenta uma comparação da geração de resíduos na Prática I.

Tabela 6 – Geração de resíduos a cada três aulas da prática I.

Aula	Situação existente	Situação proposta
1	3,00m	0m
2	3,00m	0,60m (12 x 0,05m)
3	3,00m	0,60m (12x 0,05m) + 1,20m (12x0,10m) = 1,80m
Total	9,00m	2,40m

Fonte: do Autor (2024).

Observa-se que em um ciclo de 3 aulas, o tubo de 6 metros de comprimento alcança o fim de sua utilidade quando reutilizado. Assim, o total de resíduos gerados é reduzido em 73,33%. A Figura 6 ilustra a comparação de custos para a Prática I entre a situação existente e a situação proposta a partir do estudo conduzido pela pesquisadora Fernanda.

Figura 6 - Custos da prática I antes e depois das propostas de reutilização dos materiais.



Fonte: do Autor (2024).

Além da economia de recursos, os discentes da turma experimental que introduziu esta nova metodologia demonstraram maior conscientização sobre a importância de práticas sustentáveis no uso de materiais. O processo de padronização e reutilização incentivou os discentes a refletirem sobre o desperdício de materiais em projetos reais, preparando-os para aplicar estas práticas no mercado de trabalho.

Estudos apresentaram resultados similares na otimização do uso de tubos de PVC em projetos de construção, indicando redução de até 60% nos materiais utilizados. Isto confirma que a padronização dos cortes e a reutilização dos tubos de PVC podem conduzir a economia significativa de materiais tanto em práticas educacionais quanto profissionais, reforçando a importância da adoção destas práticas para reduzir o impacto ambiental. A pesquisa evidencia que a educação técnica pode ser um ponto de partida para implementação de soluções sustentáveis que podem ser facilmente replicadas em contextos reais de construção.

Apesar dos resultados positivos demonstrados pela aula prática experimental, persistiu um desafio significativo: a resistência inicial e contínua dos instrutores da disciplina de Tecnologia da Construção em adotar práticas de reutilização dos tubos. Mais de 15 anos se passaram desde a realização das pesquisas, e a situação permanece inalterada; a resistência original ainda persiste.

4.3 OTIMIZAÇÃO DAS PRÁTICAS, RESISTÊNCIA INTERNA, IMPACTO PEDAGÓGICO E ALINHAMENTO COM A SUSTENTABILIDADE

Apesar da efetividade das práticas sustentáveis implementadas nos laboratórios, a resistência interna à adoção destas práticas permanece uma realidade. Em muitos casos, esta resistência é atribuída à dependência de métodos tradicionais de ensino e à falta de incentivos institucionais para a implementação de novas abordagens. Mesmo em um ambiente educacional, onde a inovação deveria ser incentivada, frequentemente existe relutância em abandonar métodos estabelecidos, o que pode retardar a transição para práticas mais sustentáveis. A superação destas barreiras depende do compromisso institucional e de esforços coordenados para integrar a sustentabilidade ao currículo de maneira contínua e sistemática.

A tentativa de introduzir estas práticas sustentáveis nas aulas laboratoriais proporcionou aos discentes, mesmo que brevemente, uma visão crítica do ciclo de vida dos materiais de construção e conscientização sobre a importância da sustentabilidade no setor. De acordo com a literatura, expor os discentes a práticas de reutilização de materiais durante sua formação técnica aumenta significativamente sua capacidade de aplicar estes conceitos em projetos futuros (SIVAPALAN e CLIFFORD, 2019).

Estas práticas também estão alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030. Em particular, o ODS 4, que promove a educação técnica de qualidade, e o ODS 12, que incentiva o consumo e a produção sustentáveis, ressoam com as iniciativas do CEFET-RJ. A reutilização de materiais nos laboratórios contribui para a formação de profissionais mais conscientes, capacitados para implementar práticas sustentáveis em suas áreas de atuação. Simultaneamente, a instituição reafirma seu compromisso com a sustentabilidade e o desenvolvimento de uma cultura ambientalmente responsável entre seus discentes.

A integração da sustentabilidade no currículo técnico alinha-se à Política Nacional de Educação Ambiental, Lei 9.795 (BRASIL, 1999), que incentiva a inclusão de práticas sustentáveis em ambientes educacionais. A pesquisa conduzida no CEFET-RJ exemplifica como a educação ambiental pode ser efetivamente incorporada ao ensino técnico, formando profissionais comprometidos com a sustentabilidade. A tentativa de uma abordagem pedagógica inovadora aplicada nos laboratórios de Alvenaria e de Instalações Hidráulicas demonstra que é possível harmonizar teoria e prática de modo a preparar os discentes para os desafios ambientais e a aplicação de soluções sustentáveis em sua futura atuação profissional.

Os resultados obtidos neste estudo são consistentes com pesquisas anteriores que demonstraram que a reutilização de resíduos em projetos de pequeno porte reduziu os custos totais de materiais em

25%. A adoção de práticas de reutilização de materiais, como o reuso de argamassa, pode gerar economia de água e energia, contribuindo para a eficiência dos processos produtivos.

Embora o estudo tenha focado na reutilização de materiais em contexto educacional, as implicações destas práticas ultrapassam a sala de aula. Futuramente, estas metodologias poderiam ser facilmente adaptadas a empreendimentos de pequena escala e na modelagem de projetos de construção de maior porte. A adoção de soluções simples, como a padronização de cortes e reutilização de resíduos, tem o potencial de reduzir o impacto ambiental em projetos de diversos portes.

4.4 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo, que demonstra o potencial das práticas sustentáveis no ensino da construção civil, foi conduzido em ambiente controlado no CEFET-RJ. Esta especificidade pode limitar a aplicabilidade direta dos resultados a outros contextos educacionais ou culturais.

A duração de um ano permitiu uma análise abrangente, mas pode não ter sido suficiente para captar plenamente os efeitos de longo prazo das práticas implementadas. Uma avaliação mais extensa seria necessária para determinar a efetividade contínua e a durabilidade das soluções propostas.

A relutância observada entre alguns membros do corpo docente em adotar novas metodologias evidencia potenciais desafios para implementação em larga escala. Esta resistência ressalta a complexidade de modificar métodos estabelecidos dentro do ambiente acadêmico, mesmo quando benefícios evidentes estão presentes.

Este artigo concentra-se nos resultados iniciais do Projeto de Pesquisa 'Reutilização de Resíduos da Construção Civil Aplicada ao Ambiente Pedagógico', especificamente nos laboratórios de Alvenaria e de Instalações Hidráulicas. É importante ressaltar que estes representam as etapas iniciais de uma investigação mais ampla, que posteriormente abrangeu outros ambientes práticos do curso de Construção Civil.

As percepções obtidas nos laboratórios de Alvenaria e de Instalações Hidráulicas fornecem uma base sólida para a compreensão de práticas sustentáveis nestas áreas fundamentais da formação técnica. Embora este estudo não abranja os demais ambientes laboratoriais analisados subsequentemente, estabelece um ponto de partida crucial para explorações futuras. As constatações apresentadas evidenciam a importância e o potencial de expansão destas iniciativas sustentáveis para outros aspectos do ensino da construção civil.

4.5 PERSPECTIVA INTERNACIONAL SOBRE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NA EDUCAÇÃO TÉCNICA

As iniciativas implementadas no CEFET-RJ refletem uma tendência global na educação técnica para construção civil. Em diversos países, instituições de ensino têm buscado integrar práticas sustentáveis em seus currículos, ainda que com abordagens distintas.

Na Alemanha, por exemplo, o sistema de educação dual combina aprendizagem teórica com experiência prática em empresas, permitindo aos discentes aplicar conceitos de sustentabilidade diretamente no ambiente de trabalho. Um estudo conduzido na Universidade Técnica de Munique revelou que esta abordagem resultou em redução de 30% no desperdício de materiais em projetos de construção envolvendo discentes (ALAM BHUIYAN e HAMMAD, 2024).

Na Austrália, o Acordo de Competências Verdes estabeleceu diretrizes nacionais para incorporação de competências em sustentabilidade nos currículos da educação técnica (UNITED NATIONS, 2024).

No contexto asiático, Singapura destaca-se pela implementação do programa 'SkillsFuture', que enfatiza a formação continuada em práticas sustentáveis para profissionais da construção civil (LIM et al., 2024).

Estas experiências internacionais corroboram a importância das iniciativas desenvolvidas no CEFET-RJ, ao mesmo tempo em que apontam caminhos potenciais para expansão e aprimoramento das práticas sustentáveis na educação técnica para construção civil no Brasil.

5 CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa, particularmente nos Laboratórios de Alvenaria e de Instalações Hidráulicas, confirmam o potencial significativo da implementação de práticas sustentáveis na educação técnica para construção civil. A reutilização de materiais, como a argalama e tubos de PVC, resultou em economia, ainda que de magnitude reduzida, no ambiente laboratorial acadêmico. Por exemplo, o consumo de novos materiais foi evitado e o descarte de resíduos foi drasticamente reduzido, demonstrando a viabilidade destas soluções no contexto educacional.

Estas práticas não apenas geram benefícios econômicos e ambientais, mas também desempenham papel crucial na formação de futuros profissionais mais conscientes e capacitados para implementar soluções sustentáveis. Ao integrar conceitos de sustentabilidade na educação técnica, as instituições de ensino preparam seus discentes para enfrentar os desafios globais no setor da construção civil. Esta abordagem alinha-se diretamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS),

especialmente o ODS 4 (Educação de Qualidade) e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) (UNITED NATIONS, 1992).

Com base nos resultados e análise das práticas do CEFET-RJ, podem-se propor as seguintes recomendações para fortalecer e expandir a adoção de práticas sustentáveis na educação técnica para construção civil:

1. **Integração Curricular:** Aprofundar a incorporação de práticas sustentáveis nos Projetos Pedagógicos de Curso (PPC) da área de construção civil, utilizando a experiência do CEFET-RJ como modelo para outras instituições.
2. **Expansão de Iniciativas Sustentáveis:** Estender programas como a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), incentivando outras instituições de ensino técnico a participarem e desenvolver projetos inovadores de sustentabilidade.
3. **Capacitação Integrada:** Desenvolver programas de capacitação que integrem práticas sustentáveis com metodologias inovadoras de ensino, aproveitando a experiência do CEFET-RJ em cursos e palestras de conscientização, e estendendo o foco para formação docente específica.
4. **Parcerias Academia-Indústria:** Fomentar colaborações entre instituições de ensino e empresas do setor da construção para aplicação prática de conceitos sustentáveis, inspirando-se nas iniciativas bem-sucedidas de sustentabilidade do CEFET-RJ.

Contudo, a análise crítica dos dados revela que a resistência à implementação destas práticas permanece um obstáculo. Barreiras institucionais, como falta de incentivos e avaliações docentes, dependência de métodos tradicionais de ensino e recursos financeiros inadequados, devem ser superadas para assegurar a implantação e escalabilidade destas soluções. Embora o estudo tenha empregado técnicas e ferramentas acessíveis, é importante que outras instituições adotem uma abordagem contínua de aprimoramento e inovação pedagógica.

O potencial interdisciplinar destas práticas sustentáveis não deve ser negligenciado. Elas podem ser integradas com várias outras disciplinas, como Química e Biologia, enriquecendo a formação dos discentes e preparando-os para abordar os complexos desafios de sustentabilidade que enfrentarão em suas carreiras profissionais.

Estudos futuros poderiam explorar a aplicação destas práticas em diferentes áreas da construção civil, como o uso de concreto, formas, materiais elétricos e tintas sustentáveis, bem como investigar a replicabilidade destas metodologias em instituições com infraestrutura mais limitada. Também seria valioso monitorar os impactos de longo prazo destas práticas na formação discente, caso a resistência

à sua implementação possa ser superada, avaliando como estas experiências influenciam suas decisões no mercado de trabalho.

A introdução de tecnologias emergentes, como sensores inteligentes, embora não essencial no contexto atual, poderia potencializar o impacto positivo destas práticas, permitindo monitoramento mais eficiente e melhorando a reutilização de materiais. Isto também aproximaria o ambiente educacional das inovações aplicáveis na indústria da construção, preparando os discentes para um futuro profissional mais sustentável.

Concluindo, este estudo demonstra a viabilidade e importância da integração de práticas sustentáveis na educação técnica para construção civil. Os resultados obtidos no CEFET-RJ indicam que estas práticas podem ser implementadas em ambientes educacionais, contribuindo para a formação de profissionais mais conscientes das questões ambientais. A aplicação destas metodologias em outras instituições de ensino tem o potencial de promover avanços significativos na sustentabilidade do setor da construção civil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ) pelo suporte institucional, infraestrutura disponibilizada e apoio financeiro através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica para o Ensino Médio (PIBIC-EM).

Agradeço à Coordenação de Laboratórios da Área de Construção Civil do CEFET-RJ pelo apoio técnico e acesso aos laboratórios, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Especial agradecimento ao Professor Francisco Madureira de Ávila Pires pela orientação, dedicação e conhecimentos compartilhados ao longo desta jornada acadêmica.

Aos alunos bolsistas envolvidos nos Projetos de Pesquisa, agradeço a paciência, carinho e dedicação demonstrados durante todo o processo de investigação.

Por fim, expresso minha gratidão a todas as famílias que me apoiaram durante esta caminhada, tornando possível a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALAM BHUIYAN, Mohammad Mahmud; HAMMAD, Amin. Engineering and Design for Sustainable Construction: A Bibliometric Analysis of Current Status and Future Trends. Sustainability, Basel, v. 16, n. 7, p. 2959, mar. 2024.
- ALTASSAN, Abdulaziz. Sustainable Integration of Solar Energy, Behavior Change, and Recycling Practices in Educational Institutions: A Holistic Framework for Environmental Conservation and Quality Education. Sustainability, Basel, v. 15, n. 20, p. 15157, out. 2023.
- BATISTA, Ricardo Alves; OLIVEIRA, Juliano Amorim de; FANTINATTI, Pedro Augusto Pinheiro. Disposal and Reuse of Construction Waste: Technical and Economical Evaluation in An Academic Environment. Rev. Sinergia 2015, 16, 99–103.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010a.
- BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 abr. 1999.
- _____. Ministério das Cidades. Diagnóstico Anual de Resíduos Sólidos 2021. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, nov. 2021.
- _____. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: MMA, ago. 2010b.
- _____. Ministério do Meio Ambiente. Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos 2020. Brasília: MMA, dez. 2020a.
- BRASIL - CEFET-RJ. Projeto Pedagógico do Curso de Edificações. Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2020b.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI. Brasília: CEF, 2024.
- CROSSLAND, David. Rethinking the Three R's: Reduce, Reuse, and Recycle for a Sustainable Future. Green Living Magazine, New York, v. 12, n. 4, p. 45-52, set. 2024.
- DEWEY, John. Experiência e Educação. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959. 116 p.
- ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT. The G20's Environmental Performance: Commitment vs. Action. London: EIU Publishing, 2021. 86 p.
- GODFREY, Linda; AHMED, Mohamed Tawfic; GEBREMEDHIN, Kidane Giday. Solid Waste Management in Africa: Governance Failure or Development Opportunity? Regional Development in Africa, London, v. 8, n. 2, p. 124-142, jun. 2020.
- HAITHER ALI, Hassan; ANJALI, Gopan. Circular Economy in Construction Sector—A Guideline for Policy Makers from Global Perspective. Circular Economy and Sustainability, Amsterdam, v. 4, p. 1285-1313, mar. 2024.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. 3949 p.

KOLB, David. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. 2. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2014. 416 p.

LIM, Zhi Yang; YAP, Jin Hao; LAI, Jun Wei; MOKHTAR, Intan Azura; YEO, Darren Jun Ming; CHEONG, Kang Hao. *Advancing Lifelong Learning in the Digital Age: A Narrative Review of Singapore's SkillsFuture Programme*. *Social Sciences*, Basel, v. 13, n. 2, p. 73, fev. 2024.

MORIN, Edgar. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. São Paulo: Cortez Editora, 2000. 118 p.

RAHMAN, Rahimi A.; BADRADDIN, Ahmed K.; HASAN, Mehrab; YUSOF, Norhanim. *Success Factors for Recycling Construction Waste in Developing Countries: A Project Management Perspective*. In: CUNHA, M. C. F.; REZAZADEH, M.; GOWDA, C. (Eds.). *Proceedings of the 3rd RILEM Spring Convention and Conference. Lecture Notes in Civil Engineering*, Cham, v. 35, p. 247-268, mar. 2021.

ROCHA, Pedro Aurélio Ferreira; TOZATTO, João Hermem Fagundes. *Estudo para o reaproveitamento dos resíduos sólidos produzidos nas aulas do laboratório de alvenarias do curso de Construção Civil do Cefet-RJ*. *Revista de Gestão e Secretariado*, v. 14, p. 1450-1457, 2023.

SANDANAYAKE, Malindu; BOURAS, Yacine; VRCELJ, Zora. *Environmental Sustainability in Infrastructure Construction—A Review Study on Australian Higher Education Program Offerings*. *Infrastructures*, Basel, v. 7, n. 9, p. 109, set. 2022.

SCHÜTZENHOFER, Simon; KOVACIC, Iva; RECHBERGER, Helmut; MACK, Simon. *Improvement of Environmental Sustainability and Circular Economy through Construction Waste Management for Material Reuse*. *Sustainability*, Basel, v. 14, n. 17, p. 11087, ago. 2022.

SILVA, Rui Vasco; DE BRITO, Jorge; DHIR, Ravindra Kumar. *Properties and Composition of Recycled Aggregates from Construction and Demolition Waste Suitable for Concrete Production*. *Construction and Building Materials*, Amsterdam, v. 65, p. 201-217, set. 2014.

SIMONA, Sanda. *Reuse of Construction Waste*. In: MOLDOVAN, Liviu; GLIGOR, Adrian (Eds.). *The 17th International Conference Interdisciplinarity in Engineering. Lecture Notes in Networks and Systems*, Cham, v. 926, p. 182-195, jan. 2024.

SIVAPALAN, Subarna; CLIFFORD, Michael J. *Engineering Education for Sustainable Development*. In: LEAL FILHO, Walter (Ed.). *Encyclopedia of Sustainability in Higher Education*. Cham: Springer, 2019. p. 482-490.

TOZATTO, João Hermem Fagundes; ARAÚJO, Fernanda de Mesquita. *Estudo para o reaproveitamento dos resíduos sólidos produzidos nas aulas do laboratório de instalações hidráulicas do curso de Construção Civil do Cefet-RJ*. *Revista Brasileira de Negócios*, v. 2, p. 2445-2455, 2020.

UNESCO. Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives. Paris: UNESCO Publishing, 2017. 67 p.

UNITED NATIONS. Agenda 21: United Nations Programme of Action from Rio. New York: United Nations, 1992. 351 p.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. Green Skills Agreement: Preparing the Workforce for a Sustainable Future. New York: United Nations, 2024. 42 p.

WEIRS, James; OSBORNE, Allan. Refocusing Sustainability Education: Using Students' Reflections on Their Carbon Footprint to Reinforce the Importance of Considering CO₂ Production in the Construction Industry. *Frontiers in Built Environment*, Lausanne, v. 6, n. 23, p. 1-14, mar. 2020.