



Título: APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA O PROBLEMA DO AGREGADO SIDERÚRGICO POR MEIO DE PLACAS ECOLÓGICAS NÃO ESTRUTURAIS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5301

Autores: LARISSA TORRES SANTOS, ANASTASIA KIARA INACIO RONCOLATO, POLYANNA GOMES MARTINS, MAGNO JUNIOR NERY MARTINHO, ITALO PINTO RODRIGUES, ANA CLAUDIA DE ALMEIDA CARDINOT, SAMANTHA GRISOL DA CRUZ NOBRE

Resumo: Este artigo aborda a necessidade de encontrar soluções sustentáveis para o problema do acúmulo de agregado siderúrgico, um resíduo resultante da produção de aço. O problema é significativo devido ao impacto ambiental e à saúde pública causado pelo acúmulo desses resíduos. Para resolver esse problema, foi adotada a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL), integrando teoria e prática no ensino de engenharia. A solução proposta envolve a criação de placas ecológicas não estruturais a partir do agregado siderúrgico, submetido a um processo de cura que melhora suas propriedades físicas. Os resultados indicam que as placas produzidas possuem resistência adequada e potencial para serem utilizadas na construção civil, contribuindo para a redução de resíduos e promovendo a sustentabilidade.

Palavras-chave: Ensino de Engenharia, Metodologias Ativas, Agregado Siderúrgico, Sustentabilidade, Aprendizagem Baseada em Projetos

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA O PROBLEMA DO AGREGADO SIDERÚRGICO POR MEIO DE PLACAS ECOLÓGICAS NÃO ESTRUTURAIS

1 INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, o ensino de engenharia favorecia um modelo centrado no professor. No entanto, este paradigma tradicional está sendo gradualmente substituído por abordagens que enfatizam a participação ativa dos alunos no processo de ensino-aprendizagem, visando melhorar a aquisição de conhecimento. Este modelo busca aumentar a motivação dos estudantes através da implementação de diversas metodologias, incluindo: aprendizagem baseada em projetos (PjBL), aprendizagem baseada em problemas (PBL), gamificação, sala de aula invertida, ensino baseado em casos, aprendizagem por descoberta e ensino sob demanda, entre outros (BIGGS; TANG, 2011; CHI; WYLIE, 2014; BALLESTEROS et al., 2021; GOMEZ-DEL RIO; RODRIGUEZ, 2022).

Sendo assim, buscando ir além através da aplicação de metodologias de ensino que impulsionem a inovação e a solução de problemas, o Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) adotou, em 2022 uma abordagem que transcende o ensino tradicional de Engenharia. O método denominado Engenharia 360°, adotado pelos cursos presenciais de Engenharia, é baseado no desenvolvimento de projetos, isto é, Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL). O modelo adotado se caracteriza como uma metodologia ativa, em que é possível alcançar maior motivação e engajamento do estudante (BIGGS; TANG, 2011; CHI; WYLIE, 2014; BALLESTEROS et al., 2021; GOMEZ-DEL RIO; RODRIGUEZ, 2022).

Diante do cenário apresentado, esse artigo está vinculado ao projeto realizado no decorrer do primeiro semestre de 2023, no qual o problema proposto pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 – Declaração do Problema.

Como solucionar a problemática da quantidade exorbitante de agregado siderúrgico acumulado, proveniente do processo de aciaria de uma siderúrgica localizada no interior do estado do Rio de Janeiro?

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A engenharia pode ser vista como a arte de solucionar problemas, uma vez que combina a teoria com a prática (SANTOS; IULIANELLO; FARIAS, 2020). Este artigo tem como objetivo principal apresentar a metodologia adotada para orientar os estudantes na condução de projetos, bem como ilustrar essa metodologia com os resultados de um dos projetos desenvolvidos pelos estudantes.

2 MÉTODO PROPOSTO

Segundo SMITH; SCOTT, (2005), o conceito de resíduos sólidos inclui resíduos comerciais, resíduos de construção e demolição, resíduos domésticos, resíduos de jardinagem e resíduos industriais. No entanto, pode excluir resíduos sólidos com características mais significativas, como resíduos perigosos e radioativos. Considerando a definição anterior, pode-se concluir que o agregado siderúrgico depositado no bairro

Brasilândia, de Volta Redonda, no interior do Rio de Janeiro, trata-se de um resíduo sólido. Este resíduo se origina a partir das atividades industriais de produção de aço realizadas na siderúrgica (SILVA; PEREIRA, 2021).

2.1 Objeto de estudo

O agregado siderúrgico é resultado de um tratamento realizado na escória de aciaria (BORGES, 2020). O tratamento inclui um processo que recupera parte dos metais presentes nesse resíduo, os quais retornam para o processo produtivo. Portanto, o que sobra é denominado agregado, que precisará passar por um processo de cura com duração mínima de três meses, no qual será irrigado visando reduzir sua volatilidade e aumentar sua resistência. Além disso, a água utilizada no processo de irrigação das pilhas é reutilizada quantas vezes for necessário.

Diante do cenário apresentado, torna-se necessário apresentar possíveis soluções para a problemática que envolve o agregado siderúrgico em questão, de modo que os aprendizados adquiridos durante o semestre sejam aplicados de forma a beneficiar tanto os produtores desse resíduo quanto os que são prejudicados pelo seu acúmulo.

2.2 Metodologia de ensino e avaliação

Primeiramente, para desenvolver um projeto viável que solucione o problema proposto no Quadro 1, a turma foi dividida em grupos de 4 a 6 estudantes. Dessa forma, cada aluno poderia contribuir durante o módulo “Desafios da 4ª Revolução Industrial”. Este módulo faz parte do ciclo básico das Engenharias do UniFOA e, neste semestre, os alunos cursam as disciplinas: Aplicações em Engenharia 4.0, Concepção e Design em Engenharia, Gestão de Aprendizagem e Metodologia da Pesquisa Acadêmica, Produção de Texto, Projeto, Química Experimental e Responsabilidade Ecológica e Ambiental. Assim, os conhecimentos apresentados de forma estruturada fornecem informações valiosas para o desenvolvimento do projeto.

Para facilitar o acompanhamento e a gestão entre os membros da equipe, utilizou-se o Jira, software que permite a visualização em tempo real das atividades executadas por todos os participantes.

Além disso, para padronizar a avaliação dos projetos, foram estabelecidos critérios de avaliação, conforme apresentado na Tabela 1. A coluna “Etapa” na Tabela 1 refere-se ao momento em que os entregáveis serão avaliados, isto é, na metade do período (Qualificação de Projeto - QPRO) e no final do período (Apresentação Final - APRO). Os “Entregáveis” indicam o que deve ser entregue pelos estudantes para atingir os objetivos de aprendizagem do projeto, enquanto a coluna “Disciplinas Relacionadas” descreve os principais conhecimentos envolvidos em cada critério de avaliação, fornecendo maior suporte aos alunos para a realização dos entregáveis.

Para realizar a Caracterização e Justificativa do Problema, é crucial estruturar o problema corretamente. Esta fase demanda a realização de uma revisão bibliográfica, buscando na literatura referências que abordem problemas semelhantes e permitindo que cada grupo elabore o cenário AS-IS, que engloba todo o mapeamento do processo realizado.

Após a identificação do problema, é necessário definir os principais stakeholders relacionados, ou seja, todas as pessoas e organizações que podem afetar ou ser afetadas pelo projeto. Para isso, o diagrama IDEF0 (*Integration Definition for Process Modeling*) assegura uma compreensão abrangente, facilitando uma gestão eficaz ao considerar os stakeholders de entrada, controle, mecanismo e saída. Finalmente, espera-se que cada grupo apresente um esboço da solução encontrada para o problema, o que pode ser feito através do cenário *TO-BE*, demonstrando o resultado do processo após a implementação do projeto desenvolvido.

Tabela 1 – Critérios de avaliação do Projeto.

Etapa	Critério de Avaliação	Entregável	Conhecimentos envolvidos
Qualificação	Caracterização e Justificativa do Problema	Cenário <i>AS-IS</i>	Projeto
	Levantamento dos Stakeholders	IDEF0	Concepção e Design em Engenharia Projeto
	Caracterização e Justificativa da Solução (Apresentação preliminar da solução)	Cenário <i>TO-BE</i>	Concepção e Design em Engenharia Projeto Química Experimental
	Objetivos da ODS atendidos	Descrição dos objetivos da ODS atendidos	Responsabilidade Ecológica e Ambiental
Apresentação final	Conclusão da Solução	Descrição completa da solução	Química Aplicações em Engenharia 4.0
	Viabilidade da solução	Análise de viabilidade técnica e financeira	Projeto Química Responsabilidade Ecológica e Ambiental
	Processo para Implementação da solução	Descrição da implementação caso a indústria queira adotar o projeto	Produção textual Aplicações em Engenharia 4.0
	Tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à solução	Lista de tecnologias e quais vantagens para o projeto	Aplicações em Engenharia 4.0

Fonte: RODRIGUES et al., (2023).

3 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos através dos estudos realizados, tendo como foco a aplicação da metodologia para a execução do projeto que, neste caso, indica e discute soluções para a problemática da escória na região Sul Fluminense, considerando a possibilidade de utilização da escória na construção de placas ecológicas não estruturais como uma estratégia benéfica para todos os envolvidos.

3.1 Caracterização e justificativa do problema

Visando encontrar uma solução adequada para a destinação e uso da escória acumulada no bairro Brasilândia, foi necessário entender o que seria melhor para os moradores afetados e para as empresas interessadas. Na indústria siderúrgica, em todo o

processo de produção são utilizados o carvão vegetal e o coque (oriundo da queima do carvão mineral) contribuindo para a emissão de dióxido de carbono que são altamente poluidores (CABRAL; SIQUEIRA; FERREIRA, 2024). Partindo de tais princípios, o primeiro aspecto considerado foi o bem-estar dos habitantes próximos a escória acumulada; tendo em vista as reclamações acerca de problemas respiratórios e impactos visuais na região, concluiu-se a grande necessidade de encontrar uma solução que amenizasse tal problemática. As respectivas emissões gasosas podem prejudicar a saúde da população, por exemplo, com doenças respiratórias que podem ser potencializadas em regiões cujos fatores meteorológicos são desfavoráveis à dispersão de poluentes atmosféricos (CABRAL; SIQUEIRA; FERREIRA, 2024). Além disso, para cada tonelada de aço produzido gera-se 400 kg de rejeitos, denominado escória, ou seja, somente no ano de 2021 foram gerados no Brasil 14 milhões de toneladas de resíduo (CABRAL; SIQUEIRA; FERREIRA, 2024).

Portanto é necessário propor uma maneira eficaz de gerenciar o rejeito acumulado que deverá ser apresentada como solução para a CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), considerada como um dos principais Stakeholders.

Mesmo com a destinação de parte do agregado, o resíduo produzido é maior do que o consumido, sendo assim grandes quantidades são despejadas na cidade em que a siderúrgica está localizada, trazendo riscos para a população e para a localidade como um todo conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – A interseção dos conhecimentos deve possibilitar a resolução do problema.



Fonte: DIÁRIO DO VALE, (2024).

3.2 Levantamento dos Stakeholders

A utilização do modelo IDEF0 para o levantamento de stakeholders proporciona uma visão clara e estruturada das interações entre diferentes atores e funções em um projeto.

Neste contexto, os stakeholders foram identificados com base em suas entradas, controles, mecanismos e saídas de acordo com a Figura 2.

Figura 2 – A interseção dos conhecimentos deve possibilitar a resolução do problema.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Conforme Figura 2, em relação aos *stakeholders* de entradas, o Ministério Público Federal (MPF) e a Prefeitura são os principais envolvidos. O MPF fornece diretrizes legais e regulamentares, enquanto a Prefeitura contribui com autorizações, infraestrutura local e políticas públicas necessárias para a execução do projeto.

Ainda na Figura 2, os *stakeholders* de controle são estabelecidos por entidades reguladoras como o Ministério do Planejamento e Gestão (MEP), que define restrições orçamentárias e diretrizes de planejamento. O Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente) estabelece normas ambientais para garantir a sustentabilidade, enquanto o INEA (Instituto Estadual do Ambiente) impõe regulamentos estaduais específicos para controlar os impactos ambientais das atividades.

Os stakeholders que caracteriza os mecanismos englobam a execução das atividades do projeto, realizadas pelos membros do grupo e pela equipe interna, que utilizam recursos e conhecimentos adquiridos durante o desenvolvimento do projeto. Além disso, terceiros oferecem suporte técnico e operacional, auxiliando em tarefas específicas, conforme apresentado na Figura 2.

Por fim, os stakeholders de saída referem-se aos resultados do projeto, que beneficiam diretamente a Comunidade Local, melhorando a infraestrutura e os serviços, como se observa na Figura 2. A CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) também se beneficia ao solucionar um grande problema decorrente de sua produção, e a Prefeitura ganha com as melhorias implementadas, contribuindo para o desenvolvimento urbano e socioeconômico.

3.3 Caracterização e Justificativa da Solução

Para solucionar o problema do acúmulo de escória, foi proposta a criação de placas ecológicas não estruturais. A composição dessas placas seria dividida em três camadas: a primeira camada de areia ou pedra, que pode ser substituída por pó de agregado; a

segunda camada de brita de granulação menor, também substituível por agregado de granulação similar; e a última camada de brita de granulação similar ao agregado.

A produção das placas seria realizada no pátio do bairro Brasilândia, utilizando um composto de agregado e betume. As placas teriam dimensões variáveis entre 5 e 10 metros de comprimento, 3 a 6 metros de largura e 8 centímetros de altura.

Essas dimensões foram estipuladas considerando as dimensões das vias de Volta Redonda (CÂMARA MUNICIPAL DE VOLTA REDONDA, 1977).

3.4 Descrição dos objetivos da ODS atendidos

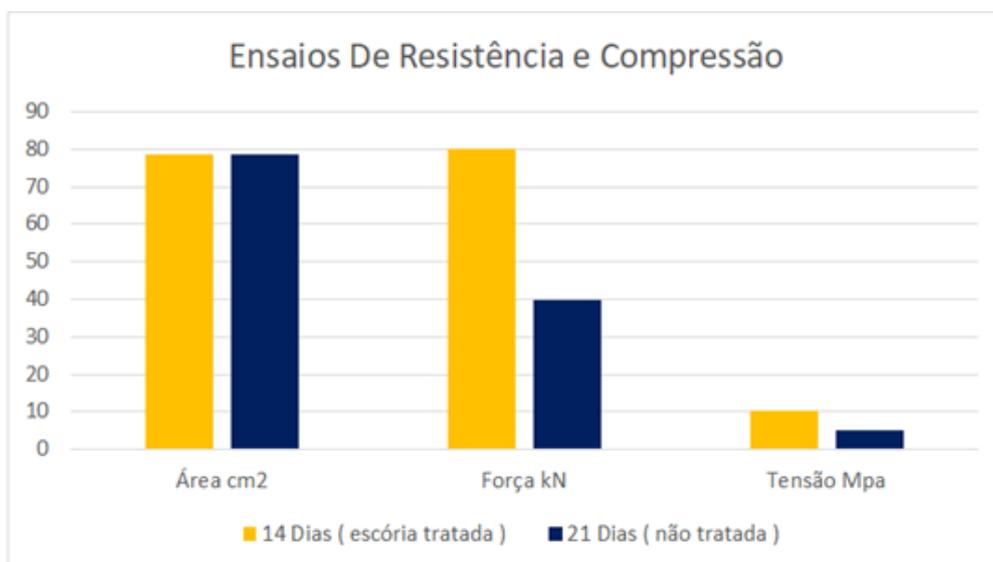
Para a realização do projeto, foram consideradas as propostas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 9 e 12 (ONU, 2015, 2023). O ODS 9 aborda principalmente o desenvolvimento industrial, inovação e valor, destacando o papel central do desenvolvimento tecnológico e da diversificação industrial. O ODS 12 foca na produção e consumo sustentáveis, com ênfase em ações globais e locais, incluindo o tratamento de resíduos sólidos e a redução de emissões de gases poluentes (ONU, 2015, 2023).

3.5 Descrição completa da solução e viabilidade

É fundamental destacar alguns resultados que influenciam diretamente a viabilidade do projeto. Um exemplo é o processo de cura realizado com o agregado, que mostrou excelentes resultados na redução da capacidade expansiva e no aumento da resistência do material. Isso ocorreu devido à interação de dois de seus componentes, CaO e MgO, com a água e o CO₂ presente na atmosfera, permitindo a utilização desse material na criação de placas ecológicas não estruturais.

Além disso, é importante mencionar o teste de resistência realizado com o corpo de prova que passou pelo processo de cura e foi submetido ao torno mecânico. Esse corpo apresentou maior resistência em comparação com outro que não foi submetido à cura. Os resultados desse teste são apresentados no gráfico da Figura 3.

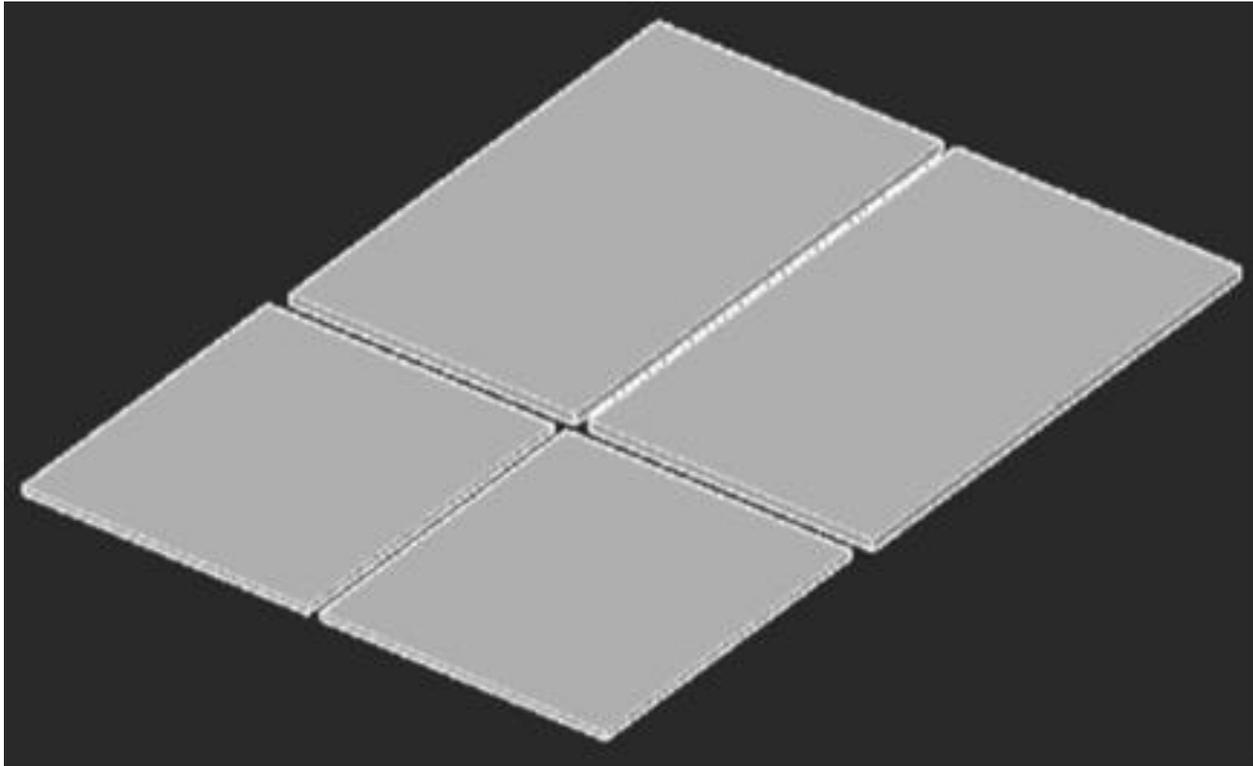
Figura 3 – A interseção dos conhecimentos deve possibilitar a resolução do problema.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

De acordo com as informações citadas, é notório que quanto maior for o tempo de cura, o corpo de prova apresentará mais resistência. A partir disso, foi proposta a ideia de utilização do agregado siderúrgico proveniente da escória como base para criação de placas ecológicas não estruturais, apresentada na Figura 4.

Figura 4 – A interseção dos conhecimentos deve possibilitar a resolução do problema.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

4 CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma metodologia para orientar estudantes na condução de projetos de engenharia, utilizando abordagens ativas que substituem o modelo tradicional centrado no professor. Ao adotar o método Engenharia 360°, baseado na Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL), o Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) promoveu maior motivação e engajamento dos alunos.

O estudo de caso focou na problemática do acúmulo de agregado siderúrgico proveniente da produção de aço, propondo soluções práticas e sustentáveis. Através da criação de placas ecológicas não estruturais, os estudantes aplicaram conhecimentos teóricos e práticos para desenvolver uma solução viável, demonstrando a eficácia da metodologia adotada.

Os resultados indicam que o processo de cura do agregado siderúrgico reduz sua capacidade expansiva e aumenta sua resistência, validando a proposta de reutilização do material na fabricação de placas ecológicas. Os testes de resistência realizados

confirmaram a eficácia do processo de cura, evidenciado pela superioridade do corpo de prova tratado em comparação com o não tratado.

Além disso, a aplicação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 9 e 12 reforçou o compromisso com a inovação industrial, o desenvolvimento tecnológico e a sustentabilidade, proporcionando uma abordagem abrangente e integradora.

Levando em conta a avaliação do desempenho acadêmico dos estudantes, as médias obtidas nas duas provas e nas duas etapas do projeto foram, respectivamente, 5,78 e 7,98. Esses resultados indicam que a metodologia de aprendizagem baseada em projetos gerou maior engajamento da turma, demonstrando sua eficácia em promover uma participação mais ativa e um melhor desempenho acadêmico dos alunos. Além disso o módulo contribuiu para o desenvolvimento de habilidades, como a resolução de problemas, trabalho em equipe e pensamento crítico sobre a temática apresentada.

Dessa forma, o artigo atingiu seu objetivo principal ao demonstrar a aplicabilidade da metodologia de ensino adotada e ao ilustrar os resultados positivos de um projeto concreto, evidenciando a importância da integração entre teoria e prática no ensino de engenharia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos responsáveis pelo laboratório do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) por nos fornecerem todo apoio necessário para realização do projeto. Agradecemos à Companhia Siderúrgica Nacional pelo fornecimento da escória para os testes laboratoriais. Ao Centro universitário de Volta Redonda pela infraestrutura laboratorial para que os testes fossem conduzidos. I.P. Rodrigues também agradece à CAPES pelo apoio financeiro (Processo No. 88882.444522/2019-01) durante o doutorado.

REFERÊNCIAS

BALLESTEROS, M. Á.; SÁNCHEZ, J. S.; RATKOVICH, N.; CRUZ, J. C.; REYES, L. H. Modernizing the chemical engineering curriculum via a student-centered framework that promotes technical, professional, and technology expertise skills: The case of unit operations. **Education for Chemical Engineers**, v. 35, p. 8–21, abr. 2021.

BIGGS, J.; TANG, C. **Teaching for Quality Learning at University**. 4. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2011. ISBN(978-0-33-524275-7).

BORGES, P. H. A. **Uso da escória de aciaria como agregado siderúrgico**. 2020. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 28 fev. 2020.

CABRAL, I.; SIQUEIRA, J. R. M. DE; FERREIRA, A. C. DE S. Informações ambientais complementares para a comunidade do entorno da usina siderúrgica, localizada na cidade de Volta Redonda, estado do Rio de Janeiro. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 1, p. 52–72, 2 jan. 2024.

CÂMARA MUNICIPAL DE VOLTA REDONDA. **Lei Municipal N.º 1411. Lei Municipal N.º 1411**Brasil: 1977.

CHI, M. T. H.; WYLIE, R. The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. **Educational Psychologist**, v. 49, n. 4, p. 219–243, 2 out. 2014.

DIÁRIO DO VALE. **Ministério de Minas e Energia avalia pilhas de escória de aciaria em Volta Redonda**. Disponível em: <<https://diariodovale.com.br/tempo-real/ministerio-de-minas-e-energia-avalia-pilhas-de-escoria-de-aciaria-em-volta-redonda/>>. Acesso em: 1 jun. 2024.

GOMEZ-DEL RIO, T.; RODRIGUEZ, J. Design and assessment of a project-based learning in a laboratory for integrating knowledge and improving engineering design skills. **Education for Chemical Engineers**, v. 40, p. 17–28, jul. 2022.

ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável>. Acesso em: 21 maio. 2024.

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 8 fev. 2024.

RODRIGUES, G. A.; SANTOS, B. L. DOS; MATOS, J. G. D. S. D. M.; RODRIGUES, A. L.; RAMOS, M. D. DA S.; RODRIGUES, I. P.; CARDINOT, A. C. DE A.; NOBRE, S. G. DA C.; ARAÚJO, J. A. DE; RODRIGUES, E. F. UMA PROPOSTA PARA UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE ACIARIA LD EM ARTEFATOS DE CONCRETO - UMA EXPERIÊNCIA COM A ABORDAGEM DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETO. In: Proceedings of the 51 Brazilian Congress of Engineering Education, 2023, **Anais...** Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2023

SANTOS, É. T. DOS; IULIANELLO, L. B.; FARIAS, B. M. DE. A UTILIZAÇÃO DE MATERIAL RECICLADO COMO SUBSTITUTO DE AGREGADO MIÚDO NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO REDUZINDO O IMPACTO NO MEIO AMBIENTE. Em: **Engenharia na Prática: Construção e Inovação**. 1. ed. Rio de Janeiro: Epitaya, 2020. v. 1p. 9–26.

SILVA, L. C. B. DA; PEREIRA, R. N. F. CSN E A MONTANHA DE ESCÓRIA: O Caso do Descarte de Resíduos Siderúrgicos à Margem do Rio Paraíba do Sul em Volta Redonda. **Episteme Transversalis**, n. 3, jan. 2021.

SMITH, P. G.; SCOTT, J. G. **Dictionary of water and waste management**. 2. ed. Londres: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. v. 1 ISBN(0 7506 6525 4).

PROJECT-BASED LEARNING: A SOLUTION PROPOSAL FOR THE PROBLEM OF STEEL AGGREGATE THROUGH NON-STRUCTURAL ECO-FRIENDLY PANELS

Abstract: *This paper addresses the need for sustainable solutions to the problem of steel aggregate accumulation, a byproduct of steel production. The issue is significant due to the environmental impact and public health concerns associated with the accumulation of these residues. To solve this problem, the Project-Based Learning (PjBL) methodology was adopted, integrating theory and practice in engineering education. The proposed solution involves creating non-structural eco-friendly panels from steel aggregate, subjected to a curing process that enhances its physical properties. The results indicate that the produced panels have adequate strength and potential for use in construction, contributing to waste reduction and promoting sustainability.*

Keywords: *Engineering Education, Active Methodologies, Steel Aggregate, Sustainability, Project-Based Learning.*

