

ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE – APLICABILIDADE DE METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM EM PESQUISAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Ricardo Luiz Perez Teixeira – ricardo.luiz@unifei.edu.br
Universidade Federal de Itajubá, IEI UNIFEI
Rua Irmã Ivone Drumond, 200, sala 2409, Distrito Industrial II,
35903-087 – Itabira – MG

Cynthia Helena Soares Bouças Teixeira – cyrilet@gmail.com
Autônomo, Autônomo
Av. Fleming, 871, bloco 05, AP 503, bairro Ouro Preto
31310-490 – Belo Horizonte – MG

Leonardo Lúcio de Araújo Gouveia – gouveialeo@yahoo.com.br
Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG Campus João Monlevade
Av. Brasília, 1304, bairro Baú
35930-314 – João Monlevade – MG

Priscilla Chantal Duarte Silva
Universidade Federal de Itajubá, ICPA UNIFEI
Rua Irmã Ivone Drumond, 200, sala 2432, Distrito Industrial II,
35903-087 – Itabira – MG

Resumo: Neste trabalho apresenta-se um resumo da atuação dos docentes, numa abordagem de aprendizagem por resolução de problemas (PBL), para a reutilização de resíduos sólidos industriais para a produção de pavers no espaço geográfico da região do Médio Piracicaba no estado de Minas Gerais. Neste trabalho visou o engajamento dos discentes de engenharia nas questões socioambientais e a formação de engenheiros cientes na sua atuação no meio ambiente pelo problema de se reutilizar materiais oriundos de rejeitos industriais na construção civil. O produto desta atuação docente é o estudo da influência da adição de agregado fino de rejeito siderúrgico de pó de balão nas propriedades mecânicas do concreto destinado à fabricação de pavers, visto que a indústria da construção civil é a maior responsável pela geração de resíduos, sendo responsável pelo consumo de aproximadamente 40% dos recursos naturais extraídos. Neste trabalho conseguiu-se, com a adição de pó de balão ao concreto, uma proposta viável de reduzir a quantidade de agregados finos naturais no concreto e de auxiliar na produção de um bloco de concreto de menor custo que o tradicional para a construção civil e, ao mesmo tempo, possibilitando retirar resíduos industriais de siderurgia do meio ambiente.

Palavras-chave: Reutilização de resíduos. PBL. Construção civil.

1 INTRODUÇÃO

O desafio das ações docentes de desvincular-se a visão disciplinar e adentrar na construção do saber interdisciplinar e complexo envolvendo o meio ambiente e a “Economia Verde” é crescente e demandam novos profissionais e cientistas que possam melhor transpor as barreiras para a real mudança. A mudança inicia-se através da ação do docente na forma de inserir questões ambientais nos trabalhos avaliativos discentes (RABELO, 2014). Uma forma de inserção ativa pode ser realizada pela metodologia de aprendizado baseado em projetos ou problemas (PBL).

O PBL, segundo Prometilla et al. (2017), pode ser considerado por muitos especialistas em educação como superior à aula clássica ou tradicional, particularmente para o aprendizado de habilidades e conceitos de educação do ensino superior. No PBL, segundo o autor, reforça-se a utilização de habilidades metacognitivas por parte dos discentes, onde a proficiência no uso de metodologias para solução de problemas é primordial. O aprendizado desenvolve-se em conjunto o aumento da complexidade do problema, assim, os discentes compreendem e vivenciam a integração entre as unidades de processos e os componentes em engenharia entre si. Tan et al. (2016) complementa Prometilla et al. (2017) em seu trabalho de metodologia por PBL. Para Tan et al. (2016), para se promover de forma abrangente o desenvolvimento da identidade profissional, deve-se incluir necessariamente a experiência com a profissão.

Conforme Ortiz e Huber-Heim (2017), espera-se de um discente em engenharia que tenha condições de entender e buscar uma resolução assertiva de um problema técnico de forma independente ou pela troca de ideias com seus pares para se adquirir o conhecimento necessário que inicialmente lhes falta. Pelo PBL, espera-se esse desenvolvimento independente do raciocínio e motivacional por parte dos discentes, bem como as capacidades colaborativas de resolução de problemas em grupo (TBL). Nesse processo de aprendizagem, pode-se agrupar três diferentes abordagens interconectadas, que são: a aprendizagem social ou organizada em equipe (TBL), que é vista como um ato social; aprendizagem cognitiva, centrada em torno de problemas e realizada nos projetos (PBL); aprendizagem baseada em conteúdo, apoiando, assim, a relação entre teoria e prática.

A metodologia de PBL, segundo Fernandes (2014), visa à melhora da aprendizagem discente e os prepara para a prática profissional. Embora o PBL, conforme Najdanovic-Visak (2018), embora a metodologia tenha sido originalmente desenvolvida para um ambiente de escola de negócios, para se promover os benefícios do ensino em pequenos grupos em um ambiente de grupo mais amplo. O PBL possibilita, segundo o autor, um melhor aprendizado discente desde os anos iniciais de graduação, com um melhor engajamento discente na solução dos problemas em grupo, fortalecendo a disposição de trabalho em equipe, respeito mútuo, bem como alta atenção a conceitos e correlações no transcorrer do processo. Conforme Fernandes (2014), discentes e docentes podem identificar um conjunto de benefícios do PBL, tais como habilidades de trabalho em equipe (TBL), aumento de motivação, articulação entre teoria e prática, resolução de problemas, entre outros. As implicações do PBL para o ensino e a aprendizagem no ensino superior são bastante significativas, não apenas em termos de mudanças no papel de discentes e docentes, mas também no desenvolvimento de currículos. De acordo com Aranzabal (2018), os discentes nem sempre começam com a mesma motivação, expectativas ou autocomprometimento, o que pode levar a experiências de aprendizado decepcionantes nas equipes de PBL. Assim, as principais dificuldades na aprendizagem cooperativa é promover a interdependência positiva e a responsabilidade individual em cada grupo de discentes. Para que se alcance a complexidade proposta de aprendizagem por PBL, a estratégia de aprendizagem, de ensino e os métodos de avaliação devem estar claramente alinhados com a metodologia educacional

adotada. Além disso, é importante garantir a diversidade nas metodologias de ensino e aprendizagem e proporcionar aos discentes projetos ricos e desafiadores, que os envolvam no aprendizado e na obtenção das habilidades essenciais necessárias para sua futura prática profissional. Conforme Promentilla (2017), a abordagem utilizada pelo PBL é particularmente útil onde a solução de problemas é primordial para indústria, como problemas em Engenharia de Sistemas de Processo e Integração de Processos que afetam diretamente no desempenho da produção industrial.

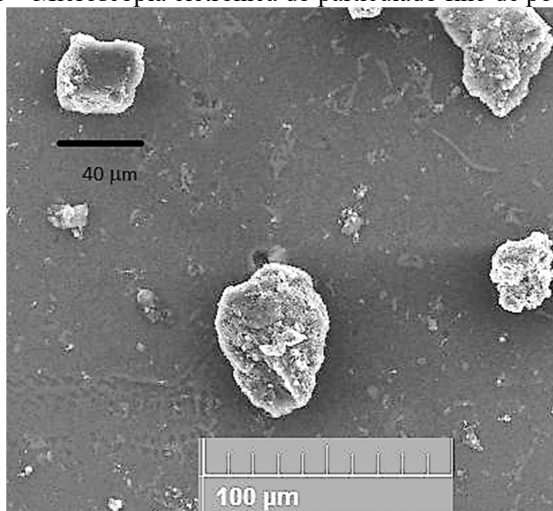
A integração entre o problema proposto ao discente com o que se encontraria na prática ou a indústria é um ponto chave para o PBL aplicado na engenharia. Conforme Totorella (2018), a integração do PBL com problemas em indústria fornece condições aos discentes para o desenvolvimento de habilidades interpessoais de autoaprendizado. Tortorella (2018) ressalta que a adequada abordagem educacional para o ensino e a aprendizagem por PBL melhora a capacidade dos alunos de adquirir e aplicar conhecimento em situações reais, preparando-os para atender às competências exigidas que atendam às demandas atuais nas empresas, e também acadêmicas. Contudo, o autoaprendizado no PBL necessita sempre de uma intervenção, necessária para reforçar ou esclarecer conceitos e, assim, melhorar a eficácia do método, conforme Rovers (2018). Tal comentário de Tortorella (2018) também é compartilhado por Hamburg (2016) que complementa a eficiência do aprendizado de PBL não depende apenas da geração e disseminação de métodos inovadores de aprendizagem, mas também da detecção de fatores que impedem seu uso como estratégias próprias e cultura de aprendizagem. Para cursos de engenharia, segundo SEMAN et al. (2017), são esperadas o desenvolvimento de habilidades que incluem o pensamento crítico, a comunicação e a consciência ecológica, dentre outros para a resolução de problemas técnicos enfrentados na vida profissional.

Como proposição para atuação docente aos discentes, colocou-se o problema na forma de PBL a necessidade de se reduzir a quantidade de resíduos sólidos gerados pelas indústrias siderúrgicas e mineradoras na região do Médio Piracicaba em Minas Gerais e, ao mesmo tempo, desenvolver habilidades de engenharia em se utilizar o conhecimento teórico técnico na resolução prática desse problema (WELLINGS, 2003). Sabe-se que a indústria da construção civil é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% dos recursos naturais extraídos sendo, portanto, o setor responsável pela maior parte de resíduos gerados pela sociedade (LINS; CAMELLO; DE ALMEIDA, 2013). Como solução a esse problema, propôs-se a incorporação desses resíduos nas matérias-primas utilizadas pela construção civil, pois segundo a literatura é uma maneira viável de reduzir esse problema, sendo capaz de diminuir os custos de produção e de reaproveitar diversos resíduos, como por exemplo, os plásticos, as borrachas de pneus, o pó de balão, dentre outros (SANTOS, 2005; ABNT, 2004).

O resíduo para a construção civil escolhido pelos discentes foi o pó de balão siderúrgico (FERNANDES et al., 2016). O pó de balão é um resíduo sólido, de coloração negra, oriundo da indústria siderúrgica, Figura 1. Esse resíduo é constituído basicamente de finos de carvão vegetal e minério (com cerca de 40 μm de diâmetro em média) e podem ser adicionados ao concreto como agregado fino artificial, substituindo o agregado fino natural na produção de blocos pré-moldados de concreto, os pavers (TELLES, 2009; ABNT, 2009).

No Brasil, a utilização dos *pavers* em determinados segmentos é definida pela Norma Brasileira ABNT (2013), que trata de peças de concreto para Pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. De acordo com essa norma, a resistência característica à compressão mínima exigida aos 28 dias de idade para *pavers* destinados ao tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha é de 35 MPa, enquanto que para o tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos abrasivos acentuados esse valor mínimo é de 50 MPa aos 28 dias (ABNT, 2013).

Figura 1 – Microscopia eletrônica do particulado fino de pó de balão.



Fonte: dados dos autores.

Do ponto de vista da sustentabilidade ambiental, os *pavers* são bastante interessantes, uma vez que por permitirem a infiltração da água, acabam reduzindo o volume de enxurradas e erosões, melhoram a qualidade da água, reduzem os gastos públicos com recursos de drenagem e mantém a área útil do terreno (MARCHIONI; SILVA, 2011).

Sendo assim, o estudo desse resíduo como insumo na produção dos blocos pré-moldados se mostra relevante, uma vez que reduz os custos de matérias-primas e torna a produção nas siderúrgicas menos poluente e mais eficaz.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Visando caracterizar granulometricamente as amostras de pó de balão, realizou-se ensaios granulométricos por peneiramento de duas amostras do resíduo, sendo as amostras passadas por peneiras de diversas aberturas, sob agitação constante.

Para posterior estudo dos efeitos da adição do pó de balão, preparou-se inicialmente, um concreto utilizando apenas matérias primas convencionais (areia, brita, cimento, água e aditivo) sem que houvesse adição do resíduo, sendo o traço utilizado para a moldagem desse concreto denominado traço referência. Em sequência, tendo como base o traço referência calculou-se um traço denominado traço substituído. Para esse traço foram utilizadas as mesmas matérias-primas havendo, entretanto, a adição do pó de balão.

Em seguida, a partir dos traços calculados foram moldados em corpos de prova, sendo utilizada parte como traço referência e outros com o traço substituído pelo pó de balão. Os materiais utilizados em cada traço foram despejados em uma betoneira, sendo mantidos sob agitação e depois moldados em corpos de prova. Após 24 horas da moldagem os corpos de prova foram submersos em uma solução saturada de cal para dar início ao processo de cura.

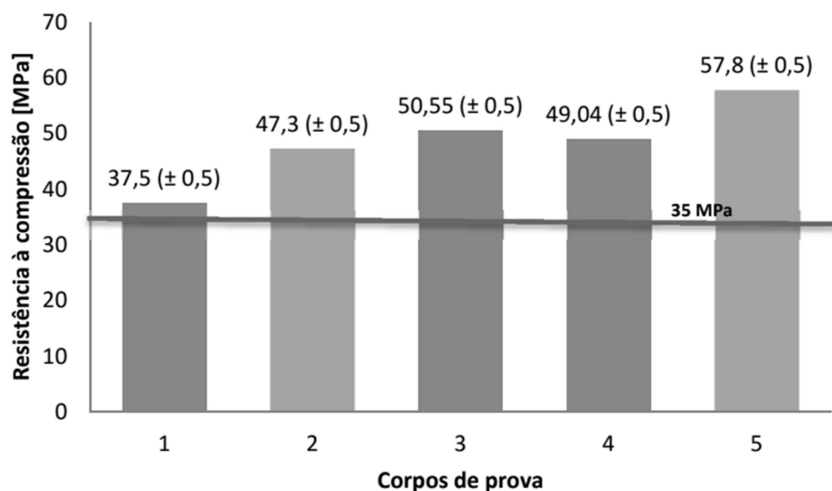
Por fim, para análise da resistência à compressão dos corpos moldados foram realizados ensaios mecânicos de resistência à compressão nos corpos com idades de 7 dias e 28 dias.

3 RESULTADOS

Na Figura 2, têm-se os resultados dos ensaios mecânicos de compressão para o concreto com agregado fino de pó de balão. Segundo Fernandes et al. (2016), para os concretos com agregado fino de pó de balão, tem-se, na Figura 2, que a barra de número 1 representa o corpo

de prova com traço referência (sem agregado fino de pó de balão) na idade de 7 dias, enquanto as barras 3 e 4 representam os corpos de prova com traço referência na idade de 28 dias. A barra 2, por sua vez, representa o corpo de prova com traço substituído por pó de balão na idade de 7 dias, e a barra 5 representa esse mesmo traço na idade de 28 dias. Em todos os valores de resistência à compressão obtidos, deve-se considerar um erro de $\pm 0,5$ MPa, proveniente do equipamento utilizado para a medição.

Figura 2 – Resistência à compressão do concreto com agregado fino de pó de balão.



Fonte: Fernandes et al., 2016.

Os ensaios mecânicos de resistência à compressão realizados nos corpos de prova nas idades de 7 e 28 dias permitiram comparar a resistência do traço referência e do traço substituído nas duas idades estudadas, Figura 2. Analisando os dados, constatou-se que a adição de apenas 4% em massa do pó de balão com a granulometria estudada promove um aumento na resistência à compressão em ambas as idades estudadas (FERNANDES et al, 2016). Tal característica é atribuída ao pó de balão que aumenta as propriedades mecânicas do concreto, uma vez que atua preenchendo vazios, incrementando a densidade da argamassa e reduzindo a porosidade na zona de transição argamassa-concreto, ao mesmo tempo em que leva à formação de uma microestrutura mais refinada, conforme Silva (2016), e resistente com uma resistência mínima à compressão de 50 MPa, apta para *pavers* conforme a ABNT (2013).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os discentes sobre a orientação docente conseguiram atuar na produção de *pavers* com resíduo de pó de balão que aumentam as propriedades mecânicas do concreto comum para pavimentação. Esse *paver* produzido com pó de balão, ao mesmo tempo em que reduz a quantidade desse resíduo no meio ambiente, auxilia na produção de um material de menor custo que o tradicional para a construção civil.

Agradecimentos

Ao Núcleo Pedagógico da UNIFEI Campus de Itabira, ao Grupo de Metodologias Ativas (MAES) da UNIFEI Campus de Itabira e à Universidade do Estado de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS



ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Agregados para concreto – Especificação. NBR – 7211. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Peças de concreto para Pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. NBR – 9781. Rio de Janeiro, 2013.

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

ARANZABAL, A.; EPELDE, E.; ARTETXE, M. Monitoring questionnaires to ensure positive interdependence and individual accountability in a chemical process synthesis following collaborative PBL approach. **Education for Chemical Engineers**, v. 26, p. 58-66, 2019.

FERNANDES, Amanda Martins et al. Estudo da substituição parcial do pó de pedra por pó de balão em blocos pré- moldados de concreto, p. 1475-1480. In: *16th Enemet*, Rio de Janeiro, 2016. ISSN: 2594-4711, DOI 10.5151/1516-392X-27649.

FERNANDES, Sandra Raquel Gonçalves. Preparing graduates for professional practice: findings from a case study of Project-based Learning (PBL). **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 139, p. 219-226, 2014.

HAMBURG, Ileana; VLADUT, Gabriel. PBL–Problem Based Learning for Companies and Clusters. **Transportation research procedia**, v. 18, p. 419-425, 2016.

LINS, Gustavo Aveiro; CAMELLO, Thereza Cristina Ferreira; DE ALMEIDA, Josimar Ribeiro. A ciencia e a educacao nas questoes ambientais. **Revista Sustinere**, v. 1, n. 1, p. 10-24, 2013.

MARCHIONI, Mariana; SILVA, Cláudio Oliveira. Pavimento Intertravado Permeável–Melhores Práticas. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2011.

NAJDANOVIC-VISAK, Vesna. Team-based learning for first year engineering students. **Education for Chemical Engineers**, v. 18, p. 26-34, 2017.

ORTIZ, Daniela; HUBER-HEIM, Karin. From information to empowerment: Teaching sustainable business development by enabling an experiential and participatory problem-solving process in the classroom. **The International Journal of Management Education**, v. 15, n. 2, p. 318-331, 2017.

PROMENTILLA, Michael Angelo B. et al. Problem-based learning of process systems engineering and process integration concepts with metacognitive strategies: The case of P-graphs for polygeneration systems. **Applied Thermal Engineering**, v. 127, p. 1317-1325, 2017.

RABELO, Laudemira Silva et al. The experience of PRODEMA in Brazilian postgraduate education: science for sustainability at UFC. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 10, n. 21, 2014.



ROVERS, Sanne FE et al. Improving student expectations of learning in a problem-based environment. **Computers in Human Behavior**, v. 87, p. 416-423, 2018.

SANTOS, J. R. Betão com agregados grossos reciclados de betão. **Concreto & Construções**, v. 37, p. 10-14, 2005.

SEMAN, Laio O. et al. MPPTjs: A JavaScript simulator for PV panels used in a PBL application. **Energy Procedia**, v. 107, p. 109-115, 2017.

SILVA, Anna Jacqueline Santos et al. Desenvolvimento de concreto colorido de alta resistência por meio do uso de pigmentos, cura térmica e pó de quartzo. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 3, n. 3, 2016.

TAN, Chin Pei; VAN DER MOLEN, H. T.; SCHMIDT, H. G. To what extent does problem-based learning contribute to students' professional identity development?. **Teaching and Teacher Education**, v. 54, p. 54-64, 2016.

TELLES, Fernanda Fumaneli Goes et al. Reutilização de resíduos finos oriundos do processo siderúrgico. **In: VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**. 2009.

TORTORELLA, Guilherme; CAUCHICK-MIGUEL, Paulo. Combining traditional teaching methods and PBL for teaching and learning of lean manufacturing. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 915-920, 2018.

WELLINGS, Paula. School learning and life learning: the interaction of spontaneous and scientific concepts in the development of higher mental processes. **Publicado no website da Stanford University**, 2003. [Disponível em 08 abril. 2019]: http://ldt.stanford.edu/~paulaw/STANFORD/370x_paula_wellings_final_paper.pdf

ENGINEERING AND ENVIRONMENT - APPLICABILITY OF ACTIVE METHODOLOGIES OF LEARNING IN SCIENTIFIC INITIATION

Abstract: *This paper presents a summary of the performance of teachers in solving problems by learning approach (PBL) for the reuse of waste steel balloon powder to produce pavers in the geographical area of the Middle Piracicaba region in Minas Gerais state. This work aimed to engage students in environmental issues and the training of engineers aware in its operations on the environment by the problem of reusing the counter powder in construction. The product of this teaching practice is the study of the influence of the addition of tailings balloon powder on the mechanical properties of concrete used to manufacture pavers, as the construction industry is the most responsible for the generation of waste and is responsible for consumer approximately 40% of mined natural resources. This work was achieved with the addition of balloon powder the concrete a viable proposition to reduce the amount of this waste in the environment and assists in producing a lower cost material than traditional for construction while removing the residue industrial environment.*

Key-words: *civil construction, PBL, waste reuse*