



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade

12 a 14 de novembro de 2024

Salvador - BA, Brasil

Desenvolvimento de uma fábrica de baixo custo para produção de placas de solo-cimento de alta resistência em uma ocupação urbana do município de Diamantina-MG

Tarcila Mantovan Atolini, UFVJM, tarcila.atolini@ict.ufvjm.edu.br

Bernat Vinolas Prat, UFVJM, bernat.vinolas@ict.ufvjm.edu.br

Anthony Maicon dos Santos Mozar, UFVJM, anthony.maicon@ufvjm.edu.br

Alan Cardek Lopes Andrade Junior, UFVJM, alan.cardek@ufvjm.edu.br

Mario Mariano Ruiz Cardoso, UFVJM, mario.mariano@ufvjm.edu.br

RELATO DE EXPERIÊNCIA TÉCNICA

EIXO TEMÁTICO: TECNOLOGIA SOCIAL E INOVAÇÃO SOCIAL

RESUMO

Neste artigo, será apresentada a experiência, ainda em curso, de implantação de uma fábrica de placas de solo-cimento na Ocupação Vitória, em Diamantina-MG. O solo-cimento é um material já amplamente utilizado na construção civil, porém, nesta experiência, ele é utilizado para a fabricação de placas que podem ser aplicadas em pavimentação. A proposta de implantação de uma fábrica na ocupação surge da demanda por materiais de baixo custo para a melhoria de condições de moradia na ocupação articulada com os interesses de pesquisa dos pesquisadores-extensionistas sobre a aplicação desse material. Serão apresentados maiores detalhes sobre o projeto da fábrica, um relato sobre as primeiras etapas já realizadas e o que se espera do ponto de vista social e científico.

PALAVRAS-CHAVE: Moradia popular. Construção sustentável. Tecnologia social. Ocupação Vitória



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

CONTEXTO

O estudo realizado pelo IBGE sobre as condições de moradia indicou que em 2019 21,6% da população brasileira residia em condições precárias, quando a pandemia da Covid-19 veio à tona e aprofundou esses e outros problemas históricos da nossa sociedade (IBGE, 2020). Em Diamantina, cidade pequena (por volta de 50 mil habitantes), universitária e turística, os efeitos econômicos e sociais desse processo culminaram na primeira ocupação urbana organizada da cidade, a Ocupação Vitória. Em poucos meses de pandemia 120 famílias recorreram à luta popular do Movimento dos Trabalhadores Sem Teto (MTST) e a barracos de lona para garantir condições mínimas de moradia.

A organização popular na luta por condições de sobrevivência naquele momento gerou ações coletivas diversas, desde mutirões para infraestrutura básica até a construção de um espaço-escola e uma cozinha comunitária. Foi essa cozinha que garantiu duas refeições por dia para os moradores durante o período da pandemia. Essas experiências e a articulação com pesquisadores-extensionistas da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) contribuíram para que aquele território se tornasse fértil para o desenvolvimento conjunto de soluções para os problemas cotidianos. Diversos projetos de pesquisa e extensão têm sido desenvolvidos, como o que aqui é relatado, na perspectiva de construção de uma Universidade Popular (REBELATO et al., 2021)

A partir da demanda por materiais de baixo custo para construção, surge a proposta de fabricação de placas de solo-cimento que já vinham sendo estudadas em projetos anteriores na UFVJM com ótimos resultados. Este tipo de fábrica já foi implantado na zona rural do município de Diamantina-MG, conhecida como Capão do Pinheiro, localizada a 14 km do centro urbano. Mediante uma parceria com a Universidade Politécnica de Catalunha (UPC, Barcelona – Espanha), está sendo possível adquirir o material básico para a instalação de uma fábrica similar na Ocupação Vitória, onde está sendo ressignificada e reprojeta a partir da articulação com a comunidade e suas demandas.



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

DESCRIÇÃO DA EXPERIÊNCIA

Atualmente, a implantação da fábrica de placas de solo-cimento da Ocupação Vitória está na etapa de construção. Até o início da construção, foram realizadas quatro reuniões entre a equipe de pesquisadores e a comunidade para a elaboração do projeto. Na seção seguinte serão aprofundados os resultados dessas atividades. A seguir será apresentado o projeto, mostrando o produto que será desenvolvido na fábrica, os equipamentos necessários e os benefícios que poderá oferecer à comunidade.

Solo-Cimento: Uma tecnologia social na área da construção civil

O solo-cimento é um material utilizado na construção civil que consiste na mistura de solo, cimento e água, formando uma massa homogênea e compacta (Giorgi et al., 2018). Esse material foi desenvolvido como uma alternativa de construção sustentável, pois reduz o uso do cimento e utiliza recursos naturais abundantes, como o solo da própria escavação, evitando a extração de recursos naturais de outros ambientes (Rocha et al., 2023). Além disso, dispensa a queima no processo produtivo, reduzindo emissões de CO₂ e o consumo de energia (Augusto Euphrosino et al., 2022).

Atualmente, as aplicações mais comuns encontradas utilizando a técnica solo-cimento referem-se à produção de blocos para paredes (Jeyasegaram et al., 2020), aplicações em pavimentos (Sanbonsuge et al., 2017; Linares-Unamunzaga et al., 2019; Kim et al., 2003) e execução de estacas de fundação (Farouk e Shahien, 2013).

As prensas hidráulicas, manuais ou automatizadas são utilizadas para a produção de blocos de solo-cimento. Contudo é possível criar de outros tipos de peça com o solo-cimento utilizando o mesmo princípio da prensa hidráulica, apenas fazendo o dimensionamento da máquina para a finalidade que se deseja. Um exemplo recente é o desenvolvimento de blocos solo-cimento em formato semicircular para controle da erosão (Thomas et al., 2022). A compactação que a prensa promove diminui os



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade

12 a 14 de novembro de 2024

Salvador - BA, Brasil

espaços vazios na peça final e por consequência há o aumento da resistência do solo-cimento, sendo que, esse procedimento também traz melhores resultados em relação à permeabilidade, compressibilidade e absorção d'água (CAPUTO, 1988).

Esta facilidade de desenvolvimento de novos produtos e da própria produção permite a possibilidade de articulação dessa tecnologia com processos de organização popular a partir de pequenos empreendimentos para produção de diferentes tipos de produtos com solo-cimento.

A placa de solo-cimento

O produto que se pretende produzir na fábrica é uma placa de solo-cimento com dimensões de 35 cm x 35 cm e de espessura variável dependendo do tipo de carga que deve suportar (2,5 cm para uso pedestre; 4 cm para tráfego de carro e 6 cm para tráfego pesado). Essas placas podem ser utilizadas como revestimento sobre o contra piso ou podem ser aplicadas diretamente sobre o solo.

Existem placas convencionais de concreto em dimensões similares e com aplicações similares no comércio, no entanto, os testes realizados no laboratório da UFVJM revelaram que as placas produzidas através da técnica da prensagem do solo-cimento possuem maior resistência.

A máquina de produção de placas de solo-cimento

Para a produção das placas é preciso que a mistura seja colocada em moldes metálicos e prensada por uma chapa com uma prensa hidráulica de 30 T de capacidade, montada sobre uma estrutura metálica com a altura adequada para a operação. A prensa hidráulica é manual, portanto dispensa o uso de energia elétrica.

A produção diária da fábrica de placas, utilizando esse maquinário, pode chegar a 120 unidades por dia, com duas pessoas trabalhando juntas. O funcionamento será limitado às condições climáticas, visto que, em clima chuvoso, a fábrica não poderá funcionar, pois a umidade comprometeria o processo de cura das placas.



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade

12 a 14 de novembro de 2024

Salvador - BA, Brasil

A instalação para produção de placas de solo-cimento

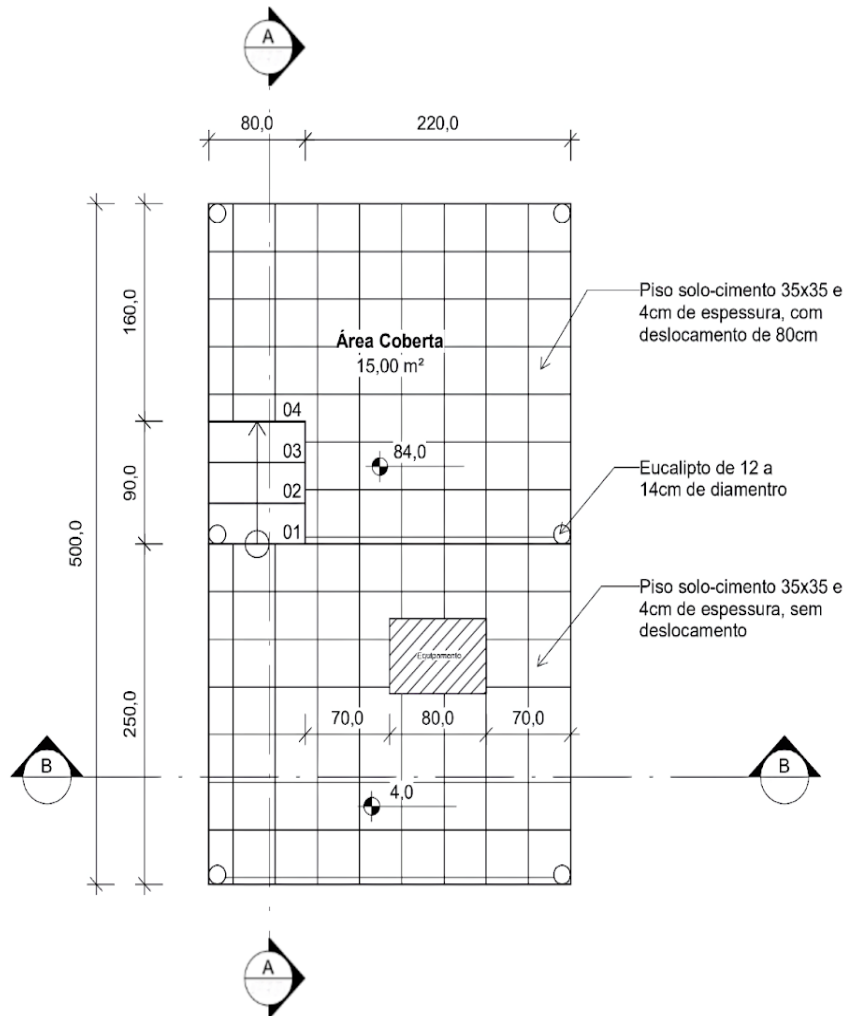
Para o desenvolvimento da instalação foi projetada uma pequena cobertura onde se produzirão as placas. Os espaços necessários mínimos são de: 10 m² para recebimento e armazenamento de insumos (areia e cimento); 7,5 m² de área de produção; 7,5 m² de área de alocação da produção para o tempo de cura necessário (48h) e um pátio para estoque de material produzido. A área que deve ficar coberta corresponde à área de produção e à área de alocação da produção diária, já que o produto recém-prensado deve aguardar 48h de cura ao abrigo do sol e da chuva. Portanto a área mínima coberta deve ser de 15 m² (Figura 1).

Devido ao fluxo de produção (preparação da mistura – preenchimento dos moldes – prensagem – cura – estoque do produto final), de modo a facilitar a operação, é interessante que haja um desnível em torno de 80 cm entre a área de colocação de insumos e a área de produção (Figuras 2 e 3).

Figura 1 – Planta baixa da fábrica de placas de solo-cimento

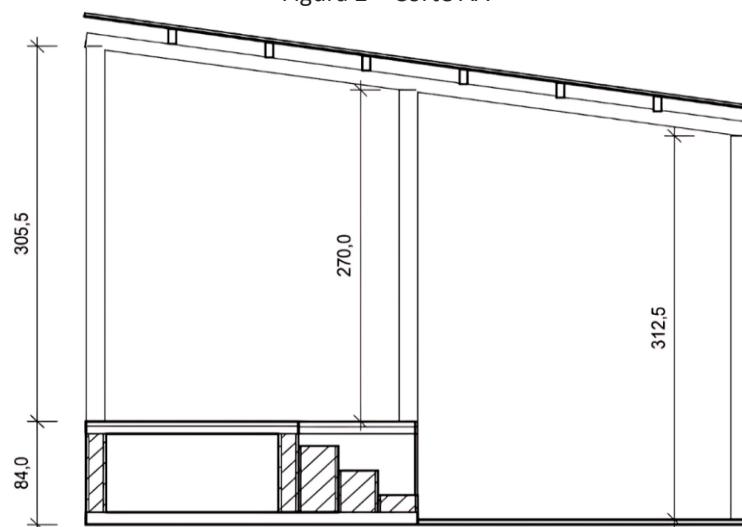


XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil



Fonte: JUNIOR & MOZAR, 2024

Figura 2 – Corte AA

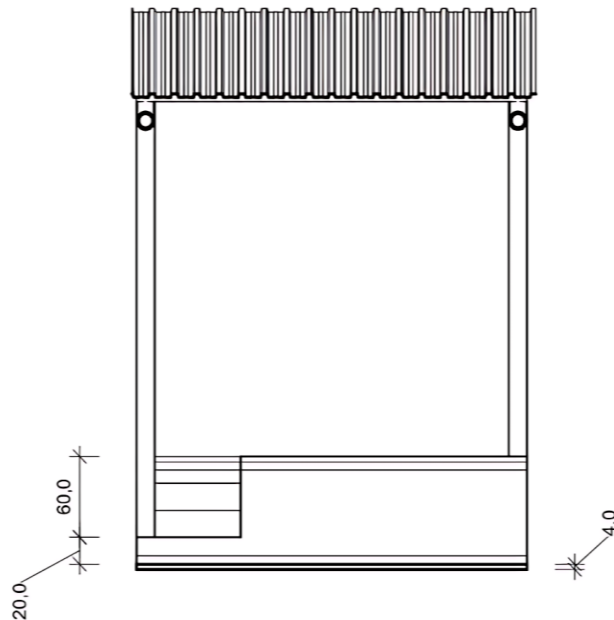


Fonte: JUNIOR & MOZAR, 2024



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

Figura 3 – Corte BB



Fonte: JUNIOR & MOZAR, 2024

Após a modelagem no Revit®, o projeto foi exportado para o Twinmotion®, resultando em renderizações fotorrealistas da fábrica de solo-cimento (Figura 4).

Figura 4 – Renderização fotorrealista da fábrica



Fonte: JUNIOR & MOZAR, 2024



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

Estudo básico dos custos envolvidos na implementação da fábrica e na produção.

Usando o banco de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil de Minas Gerais (SINAPI-MG) e do Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais - SETOP (Jequitinhonha e Mucuri), estima-se, em maio de 2024, que o custo para a construção da fábrica é de R\$ 3.430,47.

Realizando uma pesquisa de preços sobre os materiais envolvidos para o desenvolvimento da máquina na mesma data, estima-se um investimento de R\$ 3.170,00.

Vale também destacar o custo de produção da placa de solo-cimento: R\$ 1,69/unidade ou R\$ 15,21/m². Aqui, considera-se apenas o custo dos insumos envolvidos: cimento, areia, solo e água. Não há consumo de energia. Também não foram incluídos os custos com mão-de-obra, uma vez que se projeta a fábrica para uma produção própria, sendo a remuneração pelo trabalho um acordo entre os trabalhadores participantes. De modo a fazer uma comparação, o preço médio do piso comercial similar é de R\$ 66,20/m².

RESULTADOS

O projeto de implementação de uma fábrica na Ocupação Vitória teve início efetivamente em janeiro de 2024. Porém, desde julho de 2023 o diálogo com a comunidade sobre as demandas e a proposta da placa de solo-cimento começaram a acontecer. A partir dessas conversas elaborou-se uma proposta que viabilizou a captação de recursos junto à Universidade Politécnica de Catalunha. Os recursos garantirão a construção da fábrica, o maquinário e os insumos para a produção de placas para a pavimentação da área coletiva externa da Cozinha Comunitária da ocupação. As instalações, posteriormente, ficarão para que a comunidade prossiga produzindo placas para outros usos que ela desejar.



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

A partir da garantia dos recursos, iniciou-se o diálogo sobre o projeto e a sua implementação. Isso aconteceu em reuniões com a comunidade ampliada (Figura 5) e com o grupo que se formou a partir da demanda da obra nesse primeiro momento (Figura 6).

Figura 5 – Reunião sobre o projeto na Cozinha comunitária da Ocupação Vitória



Fonte: própria

Figura 6 – Reunião sobre o projeto na residência de um dos participantes do projeto, morador da Ocupação Vitória



Fonte: própria



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

A comunidade definiu que a fábrica deveria ser instalada na entrada da ocupação, onde haveria acesso fácil para o recebimento dos insumos e saída de produtos. Porém, o local é de mais difícil controle social pelos moradores, motivo pelo qual se definiu construir um espaço fechado para guardar com maior proteção as ferramentas e o cimento necessário na produção. Esse espaço não estava no projeto inicialmente, mas foi incluído para atender a esta demanda. Esse espaço corresponde a um quarto de 3m x 3m e foi por ele que a obra teve início, em 07/04/2024 (Figura 7).

Figura 7 – Primeiro mutirão



Fonte: própria

Infelizmente, no início de maio a Guarda Municipal de Diamantina, sem qualquer decência ou legalidade, entrou na Ocupação Vitória com um trator e destruiu o alicerce do quarto construído no primeiro mutirão. Foi mais um ataque sofrido pelos moradores da ocupação. Apesar disso, os moradores não desistiram do projeto e no mês seguinte retomaram a obra (Figura 8).

Figura 7 – Segundo mutirão



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil



Fonte: própria

O tumulto gerado pela Guarda Municipal fez com que a liderança da Ocupação fosse levada detida. O caso ganhou bastante visibilidade e está sendo analisado pelo Ministério Público e pela bancada de Direitos Humanos da câmara de MG. Até o momento (julho 2024) o projeto não sofreu outros ataques e segue seu curso. Uma placa de identificação do projeto foi fixada à frente da obra (Figura 9).

Figura 9 – Placa da obra da fábrica



Fonte: própria



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade

12 a 14 de novembro de 2024

Salvador - BA, Brasil

Além dos resultados já visíveis desse processo, como o fortalecimento da união entre os moradores, destacam-se outros resultados esperados com a implementação da fábrica de placas de solo-cimento na Ocupação Vitória:

- Empoderamento comunitário, pois a própria comunidade é capaz de se autoconstruir com produtos de baixo custo e de fácil produção. O fato de ter sua própria fábrica permite que a comunidade possa escolher as prioridades/necessidades em relação às melhorias de infraestrutura. Inicialmente pretende-se utilizar essas placas para fazer o piso da área do entorno da Cozinha Solidária. Posteriormente, há a demanda de instalação de placas nas ruas internas da ocupação.
- Produção própria com baixo impacto ambiental. Este tipo de técnica permite construir com materiais locais (o próprio solo da área) e fabricar os produtos nas instalações de produção da comunidade. Desta forma, o consumo de energia e os impactos devido ao transporte são minimizados.
- Geração de trabalho e renda para os moradores. Além da fabricação de peças para o uso na própria comunidade, é possível que ela comercialize para fora.
- Elaboração de novos produtos para outros usos na comunidade, como canaletas para vazão de água da chuva e placas de outras dimensões que permitam fazer paredes. Aos poucos, com a melhoria das condições das famílias, agora livres do aluguel, os barracos de lona foram sendo substituídos por casas feitas de “placas de muro”, que são feitas de concreto e montadas por encaixe. Essa técnica difundiu-se rapidamente entre os moradores por ser rápida e barata, em comparação com a obra convencional em alvenaria. As placas de solo-cimento seriam muito mais baratas e possivelmente teriam propriedades térmicas melhores.
- Realização de novas pesquisas para melhorar os produtos e sua produção. Na Universidade Federal dos Vales de Jequitinhonha e Mucuri estão sendo



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade

12 a 14 de novembro de 2024

Salvador - BA, Brasil

pesquisados e otimizados os parâmetros de produção (dosagem, tipo de solo utilizado, pressões de compactação, etc.) para ter o máximo desempenho do produto (resistência, durabilidade, acabamentos, etc.) com o mínimo consumo cimento possível.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos trabalhadores e trabalhadoras da Ocupação Vitória que participam do projeto, à Pró-reitoria de Extensão e Cultura da UFVJM e à Universidade Politécnica de Catalunha, na Espanha.

REFERÊNCIAS

Augusto Euphrosino, C., Jacintho, A. E. P. G. D. A., Lorena Pimentel, L., Camarini, G., & Fontanini, P. S. P. (2022). Tijolos de solo-cimento usados para Habitação de Interesse social (HIS) em mutirão: estudo de caso em olaria comunitária. *Matéria* (Rio de Janeiro), 27. <https://doi.org/10.1590/1517-7076-rmat-2021-47087>.

Farouk, A., & Shahien, M. M. (2013). Ground improvement using soil–cement columns: Experimental investigation. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), 733-740.

Giorgi, P., Grigoletti, G. D. C., Lima, R. C. A. D., & Lorenzi, L. S. (2018). Avaliação de sustentabilidade e habitabilidade de blocos de solo-cimento segundo a norma ABNT NBR 15575. *Matéria* (Rio de Janeiro), 23. <https://doi.org/10.1590/s1517-707620180003.0511>.

IBGE, 2020. Síntese de indicadores sociais : uma análise das condições de vida da população brasileira : 2020, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro

Jeyasegaram, S., & Sathiparan, N. (2020). Influence of soil grading on the mechanical behavior of earth cement blocks. *MRS Advances*, 5(54-55), 2771-2782.

Kim, B. I., Wee, S. H., Lee, S. H., & Kim, Y. U. (2003). Strength characteristics of soil-cement mixed with inorganic solidification liquid. *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, 23(3C), 135-141.

Linares-Unamunzaga, A., Pérez-Acebo, H., Rojo, M., & Gonzalo-Orden, H. (2019). Flexural strength prediction models for soil–cement from unconfined compressive strength at seven days. *Materials*, 12(3), 387.

PRAT B V, ROA J P B, SILVA A C, CARVALHO F A, FREITAS N S (2023). Categoria: Produto e Processo. Instituição onde foi depositada: INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. País: Brasil. Natureza: Patente de Invenção. Número do registro: BR1020230060722. Data de



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade

12 a 14 de novembro de 2024

Salvador - BA, Brasil

depósito: 31/03/2023. Depositante/Titular: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

REBELATTO, F.; ACOSTA, L.; PINHEIRO, M. (orgs.)A universidade Popular. São Paulo: ICP, 2021.

Rocha, H. J. A., Roa, J. P. B., de Carvalho, F. A., Junior, M. F. D. S. S., Gonçalves, H. H. A., Junior, A. C. L. A., ... & Prat, B. V. (2023). Evaluation of flexural-tensile strength of high-performance soil-cement (HPSC) specimen bodies. Cuadernos de Educación y Desarrollo, 15(2), 1904-1924.

Sanbonsuge, K., Vasconcelos, K., Bernucci, L., & de Moura, E. (2017). Efeito da umidade inicial e do tempo de cura nas propriedades mecânicas de misturas solo-cimento. Transportes, 25(4), 68-82. <https://doi.org/10.14295/transportes.v25i4.1257>.

Thoma, A. C., Tassinari, D., Prat, B. V., Fernandes, J. S. C., & Silva, A. C. (2022). Erodibilidade de Neossolo Litólico pelo ensaio de Inderbitzen modificado e eficiência de blocos de solo-cimento para controle da erosão hídrica. Engenharia Sanitaria e Ambiental, 27, 511-522.