

## Efeito do Tempo de Cura na Expansão de Um Solo Estabilizado com Cinza do Bagaço de Cana-de-Açúcar e Cal

Carina Silvani

Professora na Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, Brasil, [carinasilvani@gmail.com](mailto:carinasilvani@gmail.com)

Pedro Raimundo Santana Junior

Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, Brasil, [engpejota@gmail.com](mailto:engpejota@gmail.com)

Samuel Gadelha Guimarães

Professor Campus Afogados da Ingazeira, Instituto Federal de Pernambuco, Afogados da Ingazeira-PE, Brasil, [samuel.guimaraes@afogados.ifpe.edu.br](mailto:samuel.guimaraes@afogados.ifpe.edu.br)

Gilson Gabriel Teixeira Varela

Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, Brasil, [eng.gabriel.tex@gmail.com](mailto:eng.gabriel.tex@gmail.com)

**RESUMO:** A estabilização de solos expansivos é um desafio na construção e infraestrutura, especialmente na região Nordeste do Brasil, conhecida por sua produção de cana-de-açúcar. Uma solução promissora é o uso da cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBCA), rica em sílica, que pode reagir com cal para formar compostos cimentantes. Essas reações são lentas e exigem períodos prolongados de cura. Neste contexto, esta pesquisa foi conduzida para avaliar o efeito do tempo de cura na estabilização de solos expansivos usando CBCA e cal. Foram realizadas análises químicas e físicas da CBCA e do solo expansivo, seguidas por ensaios de expansão unidimensional em misturas com 4% de cal, peso específico seco de  $15 \text{ kN/m}^3$ , umidade de 19% e 0, 6,25 e 12,5% de CBCA curados por 0, 14 e 28 dias. Os resultados indicaram que, embora o teor de CBCA não tenha uma influência significativa devido à estabilização proporcionada pelo teor de cal, o tempo de cura reduziu a expansão do solo. Sugere-se que as reações pozolânicas entre a cal e a CBCA cimentaram as partículas do solo, destacando o potencial dessa técnica para mitigar problemas de solos expansivos na região nordestina e além, com importantes implicações para projetos de construção e infraestrutura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reações pozolânicas, Resíduo agroindustrial, Estabilização química.

**ABSTRACT:** The stabilization of expansive soils is a challenge in construction and infrastructure, especially in the Northeast region of Brazil, known for its sugarcane production. A promising solution is the use of sugarcane bagasse ash (CBCA), rich in silica, which can react with lime to form cementitious compounds. These reactions are slow and require extended curing periods. In this context, this research was conducted to evaluate the effect of curing time on the stabilization of expansive soils using CBCA and lime. Chemical and physical analyses of CBCA and the expansive soil were performed, followed by unidirectional expansion tests on mixtures with 4% lime, a dry unit weight of  $15 \text{ kN/m}^3$ , 19% moisture, and 0%, 6.25%, and 12.5% CBCA cured for 0, 14, and 28 days. The results indicated that, although the CBCA content did not have a significant influence due to the stabilization provided by the lime content, the curing time reduced soil expansion. It is suggested that the pozzolanic reactions between lime and CBCA cemented the soil particles, highlighting the potential of this technique to mitigate expansive soil problems in the northeastern region and beyond, with important implications for construction and infrastructure projects.

**KEYWORDS:** Pozzolanic Reactions, Agro-industrial Residue, Chemical Stabilization

## 1. INTRODUÇÃO

Solos que apresentam variação volumétrica devido a alterações em sua umidade são denominados solos expansivos. O aumento do volume ocorre com o aumento da umidade do solo e a contração devido a secagem, esse fenômeno geralmente está associado as variações sazonais de umidade. (Barman e Dash, 2022). Logo, regiões semiáridas, como parte do Nordeste brasileiro, são muito atingidas pelo comportamento de solos expansíveis devido ao ciclo anual composto por épocas chuvosas e secas (Petry e Armstrong, 1989).

O problema de solos expansivos pode ser resolvido pela remoção do solo problemático e substituição por material com estabilidade volumétrica ou através da estabilização química. A remoção de solo somente é economicamente viável quando o volume de solo expansivo é baixo, devido aos custos ligados ao transporte e a geração de áreas de descarte.

O uso de cinza do bagaço de cana de açúcar (CBCA) como fonte de sílica para as reações pozolânicas em concreto já foi demonstrado por diversos autores (Cordeiro *et.al.* 2008; Chusilp *et.al.* 2009; Khan *et al.* 2015; Joshaghani e Moeini, 2017; Zareei *et al.* 2018; Thomas *et al.* 2021; Athira e Bahurudeen, 2022). A CBCA é um resíduo da indústria sucroalcooleira. O bagaço de cana-de-açúcar é o resíduo obtido da extração do melão da cana-de-açúcar e, devido ao seu alto potencial calorífero, é queimado para produção de energia, gerando a CBCA (Drumond, 2019).

Segundo Barman e Dash (2022), entre os parâmetros que afetam a estabilização com cal, o tempo de cura tem grande importância, pois permitem a ocorrência das reações pozolânicas entre o solo e os aditivos pozolânicos, como a CBCA, e a cal. Vários autores avaliaram parâmetro como o tempo de cura influenciam resistência à compressão, resistência à tração, rigidez e durabilidade de misturas com solo, cal e aditivos (Consoli *et.al.* 2009; Consoli *et. al.* 2019; Leon *et al.* 2019; Rosene *et al.* 2020). Entretanto, a avaliação das alterações da expansão com o aumento do tempo de cura de solo ainda não foi investigada. Logo, a presente pesquisa visa investigar o efeito do tempo de cura e do teor de CBCA na expansão unidimensional da mistura Solo/CBCA/Cal.

## 2. MATERIAIS

Para desenvolvimento do estudo, utilizou-se solo expansivo, cal e CBCA descritos e caracterizados nesta seção. As metodologias empregadas também são apresentadas, bem como as normas e métodos utilizados na condução dos ensaios.

A água utilizada neste trabalho foi fornecida pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), o solo expansivo foi oriundo da região rural do município de Paulista-PE, e utiliza-se cal hidratada.

A cinza proveniente do resíduo do bagaço de cana-de-açúcar foi adquirida no Engenho Bruma Leve, uma usina sucroalcooleira de pequeno porte situada na Fazenda Floresta, região rural de Campina Grande-PB. Após a coleta, a cinza passou por uma peneira de malha #100 para remover impurezas, em seguida, foi submetida a um processo de recalinação na mufla a uma temperatura de 700 °C por um período de 1 hora e 30 minutos, onde foi verificado na literatura que essa temperatura e tempo de calcinação se mostraram eficazes para a ativação.

### 2.1. Caracterização da cinza do bagaço da cana de Açúcar e do Solo Expansivo

A caracterização da CBCA e do solo utilizada nesta pesquisa foi realizada através dos ensaios apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Ensaios de caracterização da cinza do bagaço de cana e do solo.

Ensaio	Norma
Análise Granulométrica	ABNT NBR 7181/2018
Limites de Atterberg	ABNT NBR 6459/2017 ABNT NBR 7180/2016
Fluorescência de Raios X	ABNT NBR 16137/2016
Difração de Raios X	-
Massa específica dos grãos do solo	ASTM D854:2014

## 2.2. Planejamento experimental

A Tabela 2 apresenta as variáveis controláveis do programa experimental. O teor de CBCA foi escolhido com base em teores de cinza volante (composto com características e origens próximas a CBCA) estudados por Consoli et al., (2019). Os tempos de cura foram fixados com base no tempo necessário para ocorrência das reações pozolânicas.

Tabela 2. Variáveis controláveis.

Variáveis	Níveis
Teor de CBCA (%)	0; 6,5; 12,5
Tempo de cura (Dias)	0; 14; 28

A Tabela 3 apresenta as variáveis fixas neste estudo. O peso específico seco e a umidade serão definidos com base na curva de compactação para o ensaio de Proctor Normal executados por Silvani et al. 2020. Os teores de cal serão escolhidos com base no ensaio de consumo inicial de cal (ICL) (Silvani et al. 2020).

Tabela 3. Variáveis fixadas.

Variáveis	Níveis
Tipo de agente cimentante	Cal hidratada
Peso específico seco aparente (kN/m <sup>3</sup> )	15
Tipo de solo	Argiloso
Umidade (%)	19
Teor de cal (%)	4

A variável resposta dos experimentos será a expansão unidimensional, segundo o Método A da ASTM D4546:1996, visando a avaliação da influência do teor de CBCA e do tempo de cura na estabilização de um solo expansivo.

## 2.3. Moldagem e cura dos corpos de prova

Os corpos de prova foram moldados com 50 mm de diâmetro e 20 mm de altura. Estes foram moldados com a mistura dos materiais secos (cal, solo e CBCA), adição de água e posterior compactação estática em uma camada. Após a moldagem, os corpos de prova foram transferidos diretamente para o equipamento edométrico para a realização do ensaio de expansão as amostras ensaios com 0 dias. As amostras com período de cura de 14 e 28 dias foram embaladas em filme plástico e armazenadas em caixas térmicas até o ensaio.

## 2.4. Ensaio de expansão unidimensional

O ensaio de expansão em uma dimensão seguiu o método A apresentado na ASTM D4546:1996 adotando-se uma sobrecarga de 10 kPa. Este valor para sobrecarga foi escolhido por ser preconizado por Vijayvergiya e Ghazzaly (1973) e amplamente utilizado por pesquisadores brasileiros (Ferreira; Ferreira, 2009; Ferreira et al. 2017; Silvani et al. 2020). Os ensaios foram realizados em equipamento edométrico, mesmo equipamento utilizado nos ensaios de adensamento. O ensaio é realizado através do acoplamento do corpo de prova a célula de adensamento, aplicação da carga de 10 kPa durante 10 minutos, inundação da célula de adensamento e leitura da altura do corpo de prova nos tempos, após inundação, de 0,5, 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60, 120, 240, 480 e 1.440 minutos, conforme preconizados pela ASTM D4546:1996.

## 2.5. Propriedades Físicas do Solo Expansivo e CBCA

A Tabela 4 apresenta as propriedades físicas como Limites de Atterberg e Análise granulometria do solo utilizado e da CBCA.

Tabela 4. Características físicas da CBCA.

Características	Solo	CBCA #0,15mm 700°C	
Limite de liquidez (LL)	49%	-	
Limite de plasticidade (LP)	21%	-	
Índice de plasticidade (IP)	28%	Não plástica	
Peso específico das partículas	26,50 kN/m <sup>3</sup>	25,01 kN/m <sup>3</sup>	
Granulometria	Sem Defloculante	Com Defloculante	
Areia	19,84%	10,58%	28%
Silte	76,14%	43,96%	46%
Argila	4,02%	45,46%	26%

O solo é classificado pelo SUCS como uma argila de baixa compressibilidade ou argila de alta compressibilidade. Pelo sistema rodoviário, é classificado como A 7-6, um solo fino com alta compressibilidade. Segundo Tenório (2019), o solo em estudo apresentou umidade ótima de 23% e densidade seca máxima de 15,4 kN/m<sup>3</sup> (Figura 1) para o ensaio de compactação na energia Proctor Normal. A umidade ótima elevada é uma característica de solos coesivos, bem como a densidade máxima entre 15 kN/m<sup>3</sup> e 16 kN/m<sup>3</sup> e a forma da curva de compactação.

A ausência de resultados para os limites de consistência, apresentados na Tabela 4, indica que os ensaios não puderam ser realizados. Portanto, a CBCA foi classificada como não plástica, fato comum em cinzas como as estudadas por Consoli *et al.* (2014, 2019).

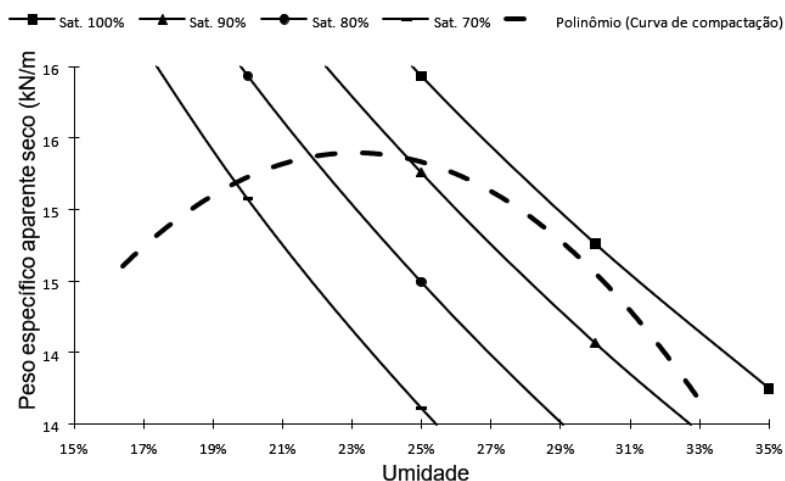


Figura 1. Curva de compactação do solo em estudo.

## 2.6. Composição Química do Solo e CBCA

O resultado do ensaio de fluorescência de raios-X (FRX) é apresentado na Tabela 5. Os principais componentes do solo são dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>), óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e óxido de ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Os óxidos de silício e alumínio representam 80% dos constituintes do solo, essa característica permite que este material reaja com a cal e desenvolva reações pozolânicas.

A Tabela 5 apresenta também o resultado da FRX para a CBCA. Os elementos com maiores frações são o óxido de silício (SiO<sub>2</sub>), óxido de magnésio (MgO) e óxido de cálcio (CaO). A quantidade considerável de óxido de silício sugere que o material pode apresentar propriedades pozolânicas, e a elevada presença de óxido

de magnésio ajuda a cal a conter a expansão do solo. O alto teor de CaO na cinza é devido, provavelmente, ao processo de adição de calcário realizado na cana-de-açúcar durante seu plantio.

Tabela 5. Fluorescência de raios-X do solo e da CBCA.

Elemento	Solo Fração (%)	CBCA Fração (%)	Elemento	Solo Fração (%)	CBCA Fração (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25	7,75	MnO	-	0,18
CaO	-	6,89	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	5,08
Cl	-	1,98	SiO <sub>2</sub>	55	47,53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	2,46	SO <sub>3</sub>	-	2,68
K <sub>2</sub> O	2	8,81	TiO <sub>2</sub>	1	0,34
MgO	1	-	Outros	-	0,18
MgO	-	16,12	PR*	10	-

\*PR: perda ao rubro

A Figura 2 apresenta a difração de raios-X (DRX) do solo. O difratograma indicou picos de quartzo e bandas de muscovita e esmectita, esta última é um argilomineral expansivo. As bandas sugerem que os argilominerais estão em forma amorfa. Essa forma dos argilominerais permite a reação com os íons de cálcio que originam silicatos de cálcio hidratados (CSH) e conferem resistência ao solo estabilizado com cal (Tenório, 2019).

A Figura 3 apresenta o DRX da cinza do bagaço da cana-de-açúcar. Esse material apresenta um halo amorfo entre os 17° e 32°, logo é capaz de reagir com a cal e desenvolver reações pozolânicas. Os picos de quartzo, silvita, calcita, dolomita e periclásio condizem com os resultados encontrados na FRX pois são compostos por SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, CaO e MgO, respectivamente.

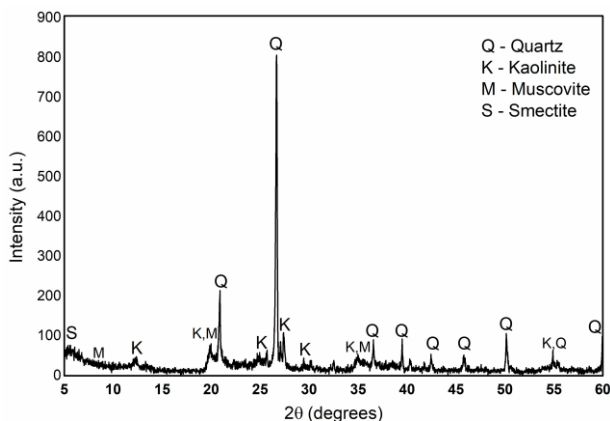


Figura 2. Difração de raios-X do solo.

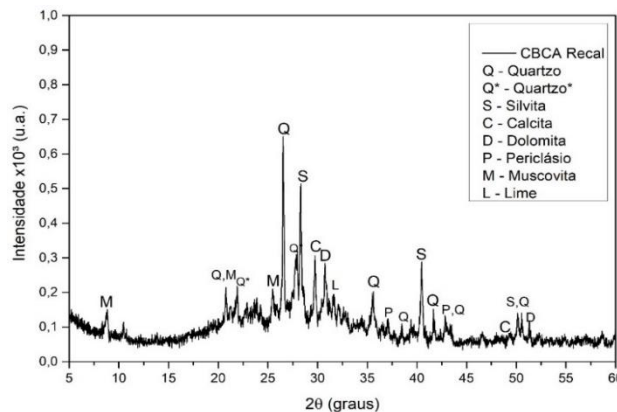


Figura 3. Difração dos Raios-X da CBCA.

Por meio do ensaio de azul de metileno foi possível estimar a capacidade de troca catiônica (CTC) e a superfície específica do solo. Os valores obtidos para CTC e a superfície específica do solo estudado são, respectivamente 59,20 meq/100 g e 462,01 m<sup>2</sup>/g. A elevada superfície específica e CTC indicam que o solo é capaz de reagir com a cal e desencadear reações pozolânicas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Efeito do teor de CBCA

Amostras compactadas com um peso específico seco de 15,00 KN/m<sup>3</sup> (Solo + Cal) com 0 dias de cura apresentaram um potencial de expansão em torno de 0,001%. No entanto, ao adicionar 6,5% de CBCA, observou-se um aumento nas expansões amostrais para valores aproximados de 0,004%, refletindo um acréscimo de cerca de 66% no índice de expansão do solo. Para adições de 12,50% de CBCA, o solo analisado demonstrou uma expansão em torno de 0,012%, conforme apresentado na Figura 4. Em relação às misturas



com 14 e 28 dias de cura (Figura 6 e Figura 8, respectivamente), os deslocamentos verticais se mantiveram abaixo de 0,001%, indicando que podem ser considerados praticamente nulos em todas as dosagens de CBCA consideradas. O acréscimo de expansão observado nas misturas a 0 dias de cura e teores de CBCA de 6,5 e 12,5% pode estar associado ao maior nível de permeabilidade da mistura, facilitando assim a infiltração de água pelo corpo de prova e, conseqüentemente, facilitando também a expansão do mesmo pelo contato com a umidade.

### 3.2. Efeito do tempo de cura

O tempo de cura demonstrou ser um fator eficaz na contenção das expansões do solo. As amostras compactadas com um peso específico seco de 15,00 KN/m<sup>3</sup> (Solo + Cal) exibiram uma expansão variando de aproximadamente 0,001% a 0,002% quando os tempos de cura considerados são 0 e 14 dias. Amostras com as mesmas características, porém curadas por 28 dias apresentaram expansão negligenciável devido ao baixo valor. As amostras compactadas com um peso específico seco de 15,00 KN/m<sup>3</sup> (Solo + Cal +6,5 CBCA) apresentam expansão de 0,004% para 0 dias de cura, 0,001% para 14 dias de cura e negligenciável para 28 dias de cura. Os corpos de prova executados com 12,5% (Figura 9) exibiram 0,012% de expansão quando ensaiadas a 0 dias de cura, entretanto sua expansão foi negligenciável quando submetidos a ensaio de expansão após 14 e 28 dias de cura. Com base na evidência dos dados representados nas Figura 5, 7 e 9, observa-se que com o tempo de cura de 28 dias todas as amostras estudadas apresentaram uma expansão das amostras da ordem de 0,000%, a qual pode ser considerada nula para todas as diferentes dosagens de CBCA. A redução da expansão com o tempo de cura deve-se às reações pozolânicas entre a CBCA e a cal que geram materiais cimentantes (Cordeiro *et al.*, 2008).

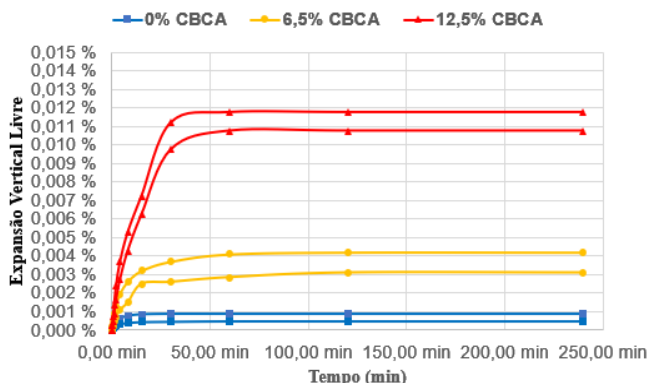


Figura 4: Expansão do solo com 0 dias de cura.

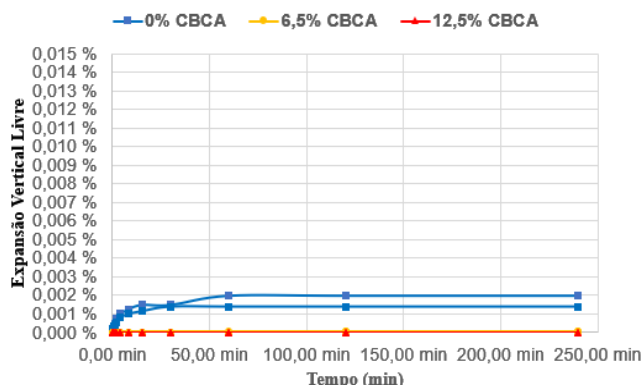


Figura 6: Expansão do solo com 14 dias de cura.

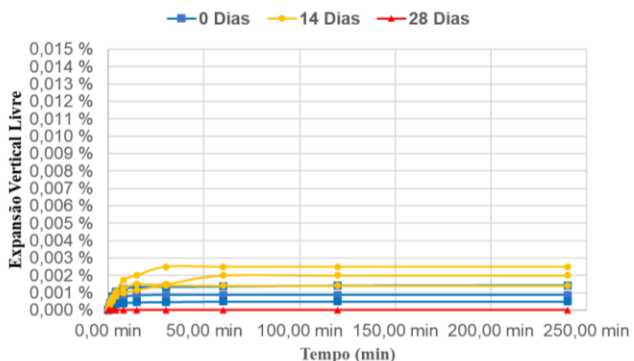


Figura 5: Expansão do solo com 0% de CBCA.

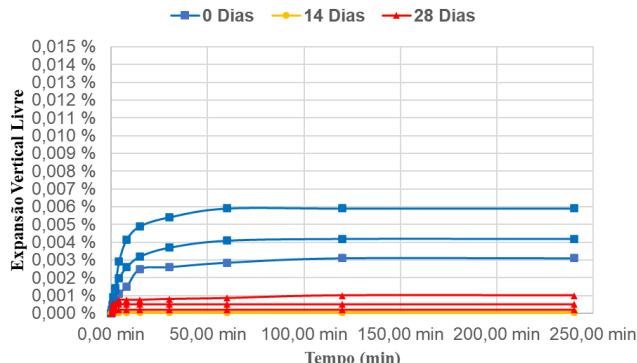


Figura 7: Expansão do solo com 6,5% de CBCA.

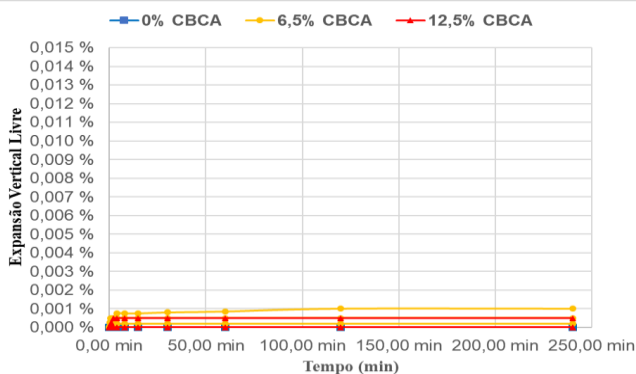


Figura 8: Expansão do solo com 28 dias de cura.

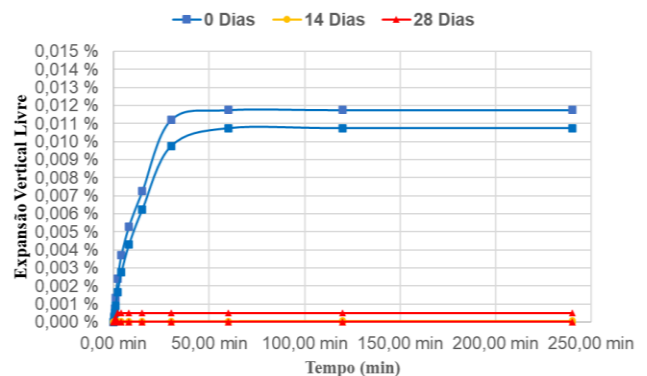


Figura 9: Expansão do solo com 12,5% de CBCA.

#### 4. CONCLUSÃO

O teor de cinza do bagaço de cana-de-açúcar não apresentou influência considerável na expansão do solo estudado estabilizado com 4% de cal, provavelmente pois este teor de cal sozinho é capaz de tratar a expansão de solo. Melhores avaliações da influência do teor de CBCA na mistura podem ser conseguidas com a utilização de menores teores de cal. O tempo de cura diminuiu a expansão das amostras para todas as situações estudadas, provavelmente devido ao tempo de cura permitir as reações pozolânicas entre a cal e a CBCA gerando assim cimentação para conter a expansão. A utilização de CBCA na estabilização de solo gera uma destinação adequado a este material, evitado seu descarte na natureza.

#### AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, através Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC/CNPq - UFCCG.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Athira, G.; Bahurudeen, A., Rheological properties of cement paste blended with sugarcane bagasse ash and rice straw ash, *Construction and Building Materials*, v.332, p.127377, 2022.
- Barman D, Dash SK (2022) Stabilization of expansive soils using chemical additives: a review. *J Rock Mech Geotech Eng* 14:1319–1342. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2022.02.011>
- Bahurudeen, A.; Santhanam, M. Performance evaluation of sugarcane bagasse ash blended cement in concrete. *Cement and Concrete Composites*, v. 59, p. 77–88, 2015.
- Chusilp, N.; Jaturapitakkul, C.; Kiattikomol, K.; Utilization of bagasse ash as a pozzolanic material in concrete. *Construction And Building Materials*, v. 23, p. 3352-3358, 18 jun. 2009.
- Consoli, Nilo Cesar; Da Rocha, Cecília Gravina; Silvani, Carina. Devising dosages for soil-fly ash-lime blends based on tensile strength controlling equations. *Construction & Building Materials*, v. 55, p. 238-245, 2014.
- Consoli, N.C.; Lopes Junior L.; Heineck, K.S., Key parameters for the strength control of lime stabilized soils. *Journal of Materials in Civil Engineering*. V. 21, p 210-216. 2009.
- Consoli, N. C.; Marin, E.J.B.; Samaniego, R. A. Q.; HEINECK, K. S.; JOHANN, A.D.R.; Use of Sustainable Binders in Soil Stabilization. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 31(2), p. 06018023(1)-06018023(7), 2019.
- Cordeiro, G.C.; Barroso, T.R.; Toledo Filho, R.D. E KS Enhancement the Properties of Sugar Cane Bagasse Ash with High Carbon Content by Controlled Re-calcination Process. *CE Journal of Civil Engineering*, v. 22, p. 1250–1257 .2018

- Drumond, M.A.M. Avaliação da aplicação da cinza resultante da queima do bagaço da cana-de-açúcar sobre o potencial expansivo de uma argila proveniente do município de Paulista-pe. 2019. 65 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.
- Ferreira, S. R. M.; Paiva, S. C.; Morais, J. J. O.; Viana, R. B.; Avaliação da expansão de um solo do município de Paulista-PE melhorado com cal. *Revista Matéria*, 2017.
- Ijaz, N.; Rehman, Z.U.; Ijaz, Z.; Recycling of paper/wood industry waste for hydromechanical stability of expansive soils: A novel approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 348, p.131345,2022.
- Joshaghani, A.; Moeini A. M.; Evaluating the effects of sugar cane bagasse ash (SCBA) and nano silica on the mechanical and durability properties of mortar. *Construction and Building Materials* v.152, p. 818-831,2017.
- Khan, S.; Haroon, M.; Kamal, M.; Potential of cement-treated sugar cane bagasse ash (SCBA) as highway construction material. *Road Trans. Res.*, 24 (3) (2015), p. 35.
- Kulanthaivel, P.; Soundara, B.; Velmurugan, S.; Naveenraj, V. Experimental investigation on stabilization of clay soil using nano-material and white cement. *Materials Today: proceedings*, 2020.
- Kumar, A., Walia, B.S., Bajaj, A., Influence of fly ash, lime, and polyester fibers on compaction and strength properties of expansive soil. *Journal of Materials in Civil Engineering*. v.19, p. 242- 248. 2007.
- Leon, H. B.; Carretta, M. S.; Azevedo, M.; Conti, M.; Consoli, N. C. Statistical Analysis of the Influence of Curing Time and Temperature on Compressive Strength of Sandy Soil Stabilized with Sustainable Binder. *JOURNAL OF TESTING AND EVALUATION*, v. 48, p. 20180763, 2019.
- Petry, T.M; Armstrong, J. C., Stabization of Expansive Clay Soils. *Transportation Research Record*, n. 1219, p. 103-112, 1989.
- Phanikumar, B.R., Singla, R., Swell-consolidation characteristics of fibre-reinforced expansive soils. *Soils and Foundations*. v 56, p. 138–143,2016.
- Puppala, A.J., Manosuthikij, T., Chittoori, B.C.S., 2013. Swell and shrinkage characterizations of unsaturated expansive clays from Texas. *Engineering. Geology*. 164, 187–194.
- Santos, M.G.; Estudo do Comportamento Histórico de uma Argila Expansiva Não Saturada. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
- Silvani, C.; Lucena, L. C. F. L.; Tenorio, E. A. G.; Scheuermann Filho, H.C; Consoli, N. C. Key Parameter for Swelling Control of Compacted Expansive Fine-Grained Soil-Lime Blends. *JOURNAL OF GEOTECHNICAL AND GEOENVIRONMENTAL ENGINEERING*, v. 146, p. 06020012, 2020.
- Soltani, A., A. Taheri, M. Khatibi, And A. R. Estabragh. “Swelling Potential of a Stabilized Expansive Soil: A Comparative Experimental Study”. *Geotechnical and Geological Engineering*, 35 (4). 2017. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10706-017-0204-1>.
- Thomas, B.S.; Yang, J.; Bahurudeen, Aabdalla, J.A.; Hawileh, R. A.; Hamada, H.M., Nazar, S.; Jittin, V.; Ashish, D.K, Sugarcane bagasse ash as supplementary cementitious material in concrete – a review, *Materials Today Sustainability*, v. 15, p.100086, 2021.
- Vijayvergiya, V.; Ghazzaly, O. Prediction of Swelling Potencial for Natural Clays. 3rd International Conference on Expansive Soils, v. v, p. 227–236, 1973.
- Zarrei, S. A.; Bahrami, F. Q. N.; Microstructure, strength, and durability of eco-friendly concretes containing sugarcane bagasse ash. *Construction and Building Materials*. v. 184, p. 258-268, 2018.