



## **LODO DE ETA E DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR NA EXPANSÃO DA ARGILA E SEUS POSSÍVEIS IMPACTOS NO CONFORTO TÉRMICO.**

Isabela Mylena Pedroso SOARES<sup>1</sup>  
Elton Aparecido Prado dos REIS<sup>2</sup>

**RESUMO:** Um dos maiores responsáveis pelo consumo dos recursos naturais é a construção civil, e esta contribui também por gerar diversos resíduos. Partindo dessa problemática, o trabalho visa o estudo de resíduos como aditivos para fabricação de um novo material. Mediante pesquisas bibliográficas, o presente artigo visa estudar como a argila expandida com aditivo de lodo de ETA (estação de tratamento de água) e cinzas da moagem da cana de açúcar, podem interferir na condutividade térmica do novo material gerado, quando aplicada em materiais na construção civil.

**Palavras-chave:** Resíduos. Lodo de ETA. Cinza. Argila. Conforto Térmico.

### **1 INTRODUÇÃO**

Desde o princípio da humanidade existe a extração e exploração dos recursos naturais, isto é a garantia da existência humana e a base da mesma, porém com o passar dos anos isso foi aumentando e gerando ao mesmo tempo a presença de resíduos gerados. Atualmente a maior responsável pela extração dos recursos naturais é a indústria da construção civil, onde a mesma é responsável por 50% desta extração. E ao mesmo tempo também é responsável pela maior parte dos resíduos sólidos gerados, podendo chegar a 70% (CBCS, 2014; KRUGER e SEVILLE, 2016).

Devido a estas problemáticas surgem novas pesquisas a fim de auxiliar na minimização dos impactos ambientais gerados pela indústria da construção civil.

---

<sup>1</sup> Discente do 2º ano do curso de Engenharia Civil. do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. isamylena12@gmail.com. Bolsista do Programa de Iniciação Científica da Toledo Prudente.

<sup>2</sup> Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Engenharia de Produção do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Doutor pelo programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais – POSMAT, com bolsa de auxílio concedida pela FAPESP. elton.reis@toledoprudente.edu.br. Orientador do trabalho.

Uma forma de reaproveitar os resíduos sólidos é dentro da própria indústria, onde o mesmo pode agregar propriedades a outros materiais, sejam elas equivalentes ou até melhores que o material original (TEIXEIRA, 2006).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Pensando em auxiliar nas problemáticas ambientais, o trabalho visa o estudo documental e bibliográfico a fim de aplicar lodo das Estações de Tratamento de Água (ETA) e as cinzas do bagaço da cana de açúcar na composição da argila expandida. O artigo irá abordar a respeito das características e aplicações relacionadas a cada um dos materiais selecionados para o estudo e como esse novo material gerado pode influenciar na condutividade térmica.

### **2.1 Argila**

Desde o princípio da história da humanidade a argila se fez presente, esse minério foi aplicado originalmente no Chipre e na Grécia a mais de cinco mil anos, era extrema de importância seja para o uso industrial ou comercial (RYTWO, 2008). Foi no ano de 1930 que começou pesquisas sobre o minério de argila, suas versatilidades e características. Fazendo com que este material aumentasse de demanda nos mais diversos setores, sejam eles cerâmicos, alimentícios, medicinais, engenharias e muitos outros (MURRAY, 2007; RYTWO, 2008; MURALI et al., 2018).

Dentre as propriedades da argila está suas dimensões apresentadas pelas suas partículas, nano escala, isso possibilita essa vasta variedade de aplicações. A argila é composta por matéria orgânica e argilominerais, sendo este responsável pelas propriedades físicas, químicas e mecânicas do material. (CABRAL JUNIOR et al., 2005; TEIXEIRA, 2006; MORAVIA et al., 2006; RYTWO, 2008).

Os minérios de argila são de dois tipos, o tetraédrico e octaédrico, formando sua estrutura, e estes estão ligados através de cátions. E as alterações nessas estruturas formam diferentes compostos de argila, os mais comuns são a caulina, illite e montmorilonita. É caracterizado como um material abundante e muito barato, com a existência de jazidas em todo o território nacional. (MURALI et

al., 2018; URAL, 2018; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009; CALLISTER e RETHWISCH, 2018).

O processo mais comum realizado com a argila para gerar produtos a partir da mesma, é realizar a coleta em minas (jazidas), triturar e então armazenar, posterior pode então, passar por homogeneização, processo onde água é acrescentada, para então ser feito a extrusão e secagem para poder ser queimada e geral o produto final (MURRAY, 2007).

A argila é considerada um material imprescindível na indústria de cerâmica, o Brasil possui 417 minas voltadas para esta indústria, onde a produção pode chegar a 20.000 toneladas por mês. Mas com o avanço das tecnologias o estudo deste material tem aumentado, e tem se verificado que incorporar resíduos junto com a argila em sua composição pode gerar ganhos que vão desde melhorias nas propriedades do produto final como ganhos em questões ambientais (CABRAL JUNIOR et al., 2005; MME, 2009).

### **2.1.1 Argila expandida**

A argila expandida foi descoberta em 1885, mas só em 1918 o engenheiro da indústria cerâmica de Kansas, Estados Unidos, Stephen J. Hayde desenvolveu o processo industrial. Então em 1928, teve início a produção comercial da argila expandida, e este material passa a ser comercializado e produzido em diversas partes do mundo (SILVA, 2007; MACHADO JÚNIOR, 2019).

A classificação dos agregados leves, segundo Silva 2007, é relacionada em função a sua origem, podendo ser:

- Orgânicos: partículas de madeira, esferovite, casca de arroz, entre outros;
- Inorgânicos:
  - Naturais: pedras pomes, escórias.
  - Artificiais:
    - Origem natural: Argila expandida, xisto expandido, vermiculite e perlite.
    - Produtos industriais: vidro
    - Resíduos industriais: cinzas volantes, escórias de alto forno.

Somente após a Segunda Guerra Mundial a argila expandida passa a ganhar espaço na construção civil, pois antes era usada principalmente na produção de cascos de barcos. Muito reconhecida atualmente por sua aplicação paisagística e

ornamental, porém possui diversas outras aplicabilidades (MACHADO JÚNIOR, 2019).

Em nível nacional, Brasil, a única fabricante de argila expandida é a CINEXPAN, está presente desde 1999, e atualmente a indústria dessa empresa está situada na cidade de Várzea Paulista, São Paulo. A produção se divide em 60% para construção civil e o restante para indústria têxtil, ornamentações e substratos (SILVA, 2007; MACHADO JÚNIOR, 2019).

A argila expandida é um material que pode apresentar diferentes tipos de granulometria e pode ser gerado por dois procedimentos, a sinterização ou o aquecimento rotativo, sendo este último o mais habitual. O processo de aquecimento funciona da seguinte forma, a argila é aquecida até atingir 1.200°C, gerando dois produtos, uma massa e gases. Estes gases liberados são incorporados a massa viscosa, e quando resfriados ocorre a expansão do material, que faz com que o volume aumente até sete vezes o volume inicial, gerando um material leve. (MORAVIA, 2006).

Segundo a CINEXPAN, os usos da argila expandida podem ser para enchimentos, concreto leve, steel deck, pré moldados, geotécnica, paisagismo, telhado verde, entre outros. Os tipos de argila expandida comercializadas no Brasil são (figura 01):

- 3222: Isolamento Térmico, enchimento de vazios e paisagismo;
- 2215: Enchimento de vazios, isolamento térmico e paisagismo;
- 1506: Concreto leve e enchimento até 5 cm;
- 0500: Concreto leve e enchimento até 5 cm;
- Laminado 2,5mm: Para fabricação de churrasqueira, lareiras e refratários.

**FIGURA 01** – Tipos de Argila expandida



Fonte: CINEXPAN (2020, s.p.).

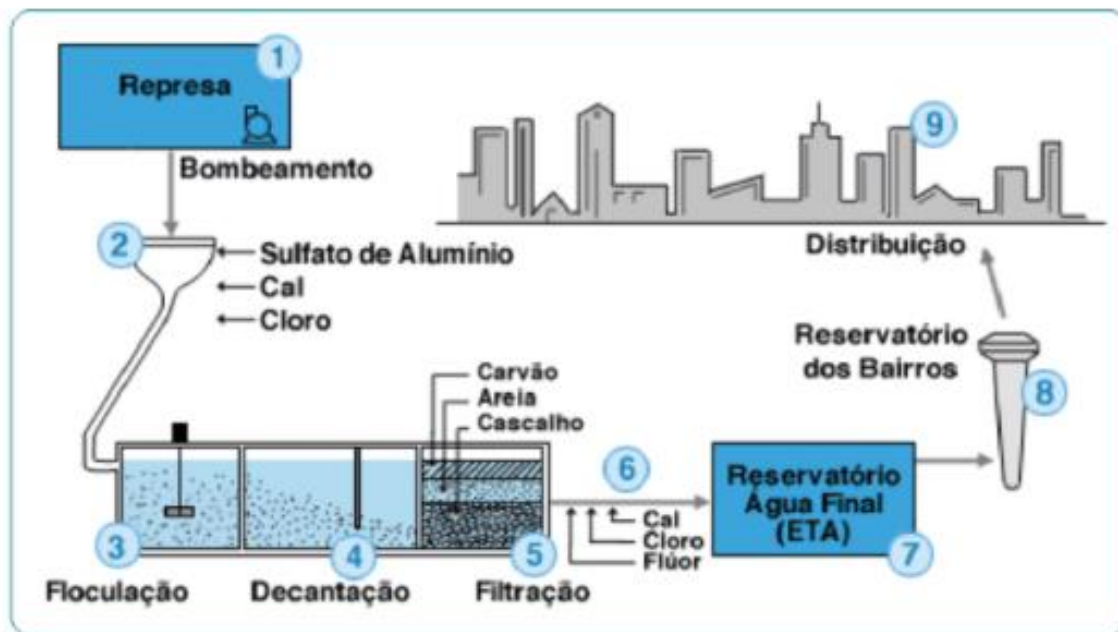
Algumas características que a argila expandida pode apresentar são: Leveza, 60% mais leve que os agregados convencionais; Alta durabilidade; Isolamento acústico, podendo com apenas 5cm de argila atenuar 25 dB de ruído; Estabilidade dimensional; Isolante térmico; Resistência ao fogo, evita a propagação de chamas; entre outros (CINEXPAN, s.d.).

## **2.1 Lodo da Estação de Tratamento de Água - ETA**

Segundo a Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2020) o estado de São Paulo tem cerca de 240 estações de tratamento de água (ETA), onde são tratados 119 mil litros de água por segundo. E com isso ocorre a geração de lodo de ETA, existem 2.098 municípios que geram o resíduo, sendo desses 1.415 que destinam o lodo em rios (SABESP, 2020; ZANCAN, TONIOLLO e MIOTTO, 2015).

As etapas do tratamento de água, conforme podemos observar na figura 01, são a pré-cloração, pré-alkalinização, coagulação, floculação, decantação, filtração, pós-alkalinização, desinfecção e fluoretação (SABESP, 2020).

**FIGURA 02 – Tratamento de Água.**



Fonte: SABESP (2020, s.p.).

Esse lodo gerado é classificado como um resíduo sólido pela lei 12.305/2010, ele é decorrente da aplicação de substâncias químicas no processo de tratamento da água, onde as características apresentadas nesse resíduo podem variar de acordo com a origem da água bruta e até mesmo as substâncias usadas em seu processo de tratamento (ACHON e CORDEIRO, 2015; OLIVEIRA, MACHADO e HOLANDA, 2004).

Se for utilizado coagulantes à base de ferro o volume gerado de resíduo pode aumentar após o tratamento de água, e por mais que seja gerado em grandes quantidades, esse tipo de resíduo não possui um descarte adequado. Existe leis e resolução para regularizar e licenciar as atividades potencialmente poluidoras no Brasil, são elas as leis 9.433/1997, 9.605/1998 e a Resolução do CONAMA nº237/1997. Porém existem várias ETAs (Estações de Tratamento de Água) que foram implementadas antes dessas normas, assim são poucos projetos que foram criados que contemplam a destinação adequada dos resíduos gerados nas estações de tratamento (ACHON; CORDEIRO, 2015; KATAYMA, 2012).

Algumas formas de descarte incorreto que ocorrem são esses resíduos gerados serem depositados em aterros, ainda devolvidos a mananciais sem tratamento, gerando diversos impactos no meio ambiente. O maior local de

descarte se dá em rios (62,44%), seguido por terreno (20,43%), e então aterros sanitários (3,66%), mar (0,31%) e por último incinerados (0,04%), sendo que somente 2,21% são reaproveitados. Isso gera impactos negativos pois o resíduo possui grande concentração de matéria orgânica e metais (KATAYMA, 2012; ZANCAN, TONIOLLO e MIOTTO, 2015).

Devido a esses descartes incorretos e suas problemáticas geradas, o lodo de ETA vem sendo estudado, ele apresenta diversas propriedades que podem ser incorporadas em outros materiais. Alguns estudos que se destacam são na recuperação de áreas degradadas, jardinagem, agricultura, incorporação na fabricação de cimento e tijolos, entre muitos outros (KATAYMA, 2012)

### **2.3 Cinza do Bagaço da Cana de Açúcar**

A cana de açúcar está presente no Brasil desde o período colonial, porém é originária da Ásia, é uma matéria prima utilizada na produção de álcool e açúcar. Em 1975 ocorreu a crise do petróleo, e o governo tentando diminuir sua dependência do petróleo, implementou no Brasil o Proálcool (programa nacional do álcool), e devido a isso a produção e uso da cana de açúcar foi impulsionado (CORTEZ, 2016; MACEDO, 2009).

Com o crescimento do uso da cana de açúcar, ocorreu o aumento dos resíduos gerados, os principais resíduos sólidos são o vinhoto, a torta de filtro, o bagaço da cana e a cinza do bagaço da cana. Sendo que muitas vezes esses são descartados no solo para adubação de lavouras (CORTEZ, 2016; MACEDO, 2009; TEIXEIRA, 2006).

As cinzas do bagaço da cana de açúcar são geradas da seguinte forma, durante a moagem da cana de açúcar para a extração do caldo, é gerado o bagaço, este considerado como um subproduto, sendo normalmente usado como combustível em caldeiras usadas na produção de álcool e açúcar, sendo queimado. E essa queima do bagaço gera outro subproduto que são as cinzas (CORDEIRO, GUILHERME CHAGAS, FILHO, ROMILDO DIAS TOLEDO E FAIRBAIN, EDUARDO DE MORAES REGO, 2009).

Estas cinzas representam aproximadamente 30% da cana moída, ele é composto de sílica (70%), além de ter carbono, óxidos de cálcio, potássio, sódio e

ainda magnésio, mas essa composição pode sofrer alterações dependendo do tipo de cana e fertilizantes aplicados (MACEDO, 2009; TEIXEIRA, 2006).

No Brasil existem diversas pesquisas para incorporar esse resíduo em outros materiais, como misturar a cinza na mistura de solo cimento, incorporação na fabricação de cerâmica vermelha, ou ainda na fabricação de concreto (MACEDO, 2009).

## **2.4 Argila Expandida com lodo de ETA e Cinzas do bagaço de cana de açúcar**

A argila expandida é um agregado leve, que pode possuir diversas granulometrias, e algumas das propriedades que se destacam são relacionadas às questões térmicas, durabilidade e resistência a mudanças climáticas. Além da sua enorme contribuição ambiental, pois a partir de 1m<sup>3</sup> do material base é possível produzir aproximadamente 5m<sup>3</sup> de argila expandida, e ainda existe a possibilidade da adição de resíduos em sua composição (EXCA, 2018; CINEXPAN, s.d.).

Tendo em vista a capacidade de interação da argila expandida com outros materiais acredita-se que podemos incorporar rejeitos inertes, que até então são problemas ambientais visto que não há aplicabilidade, e a partir da sua incorporação podem aumentar ainda mais o produto gerado (produto final) o que por sua vez pode implicar num barateamento do artefato.

É de extrema necessidade verificar as características mecânicas no aspecto de expansão para que dessa forma possa se ter as propriedades visadas, sendo a térmica a característica principal.

Uma vez que esses resíduos são incorporados, o material pode apresentar uma variação de sua capacidade térmica e de sua condutividade térmica. Podendo gerar consequências em suas aplicações enquanto conforto térmico, ponto de grande interesse no ramo arquitetônico.

Além disso também há o interesse nessa pesquisa da investigação de semelhanças do lodo de ETA com a argila, que por sua vez é a matéria base, na fabricação da argila expandida, pois uma vez investigado as possíveis semelhanças nestes materiais, com a adição de agentes expansores, talvez é possível observar a obtenção deste resíduo, podendo apresentar características semelhantes à da argila expandida gerando assim um novo material.



### 3 CONCLUSÃO

Diante dos estudos apresentados podemos concluir que a geração de resíduos não se dá somente por parte da construção civil, e que esses resíduos geram diversos problemas ambientais. Algo que poderia ser minimizado ou ainda evitado, já que a maioria desses podem ser aproveitados ou incorporados em outros materiais e novas aplicações.

A argila expandida apresenta propriedades que fazem com que ela seja um material bastante utilizado no mercado, e incorporar aditivos em sua composição, podem contribuir para o aprimoramento das suas características e pode até gerar novas aplicações.

Analisando o lodo de ETA e as cinzas da cana do bagaço da cana de açúcar, podemos verificar um enorme potencial desses resíduos, visto que são abundantes no Brasil e na maioria das vezes não possuem descarte adequado e geram um enorme impacto no meio ambiente. Onde os mesmos incorporados na composição da argila expandida podem gerar diversos impactos positivos e ainda melhorar o material criado.

### REFERÊNCIAS

ACHON, Cali Laguna; CORDEIRO, João Sérgio. Destinação e disposição final de lodo gerado em ETA – Lei 12.305/2010. **XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento**, p.1 – 8, 2015.

CABRAL JUNIOR, Marsis et al. Argilas para Cerâmica Vermelha. **Rochas e Minerais Industriais – CETEM**. p. 583 – 605, 2005.

CALLISTER, W. D. J.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CENTRO UNIVERSITÁRIO “ANTÔNIO EUFRÁSIO DE TOLEDO” de Presidente Prudente. **Normalização de apresentação de monografias e trabalhos de conclusão de curso**. 2007 – Presidente Prudente, 2007, 110p.

CERÂMICA SALEMA. **A importância da argila para a fabricação de cerâmica vermelha**. Disponível em: <http://www.ceramicasalema.com.br/a-importancia-da-argila-para-fabricacao-de-ceramica-vermelha/>. Acesso em: 12 ago. 2020.

CINEXPLAN. **Argila expandida CINEXPLAN**. Disponível em: <https://www.cinexplan.com.br/argila-expandida-cinexplan.html>. Acesso em: 04 ago. 2020.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). **Condutas de Sustentabilidade no Setor Imobiliário Residencial**. Disponível em: [http://www.cbcs.org.br/\\_5dotSystem/userFiles/Projeto/CBCS\\_Secovi\\_Condutas\\_Sustentabilidade.pdf](http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/Projeto/CBCS_Secovi_Condutas_Sustentabilidade.pdf). Acesso em: 17 abr. 2020

CORDEIRO, Guilherme Chagas; FILHO, Romildo Dias Toledo; FAIRBAIN, Eduardo de Moraes Rego. **Caracterização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar para emprego como pozolana em materiais cimentícios**. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422009000100016#:~:text=Durante%20a%20moagem%20da%20cana,baga%C3%A7o%20%C3%A9%20gerada%20como%20subproduto](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000100016#:~:text=Durante%20a%20moagem%20da%20cana,baga%C3%A7o%20%C3%A9%20gerada%20como%20subproduto). Acesso em: 01 set. 2020

CRUZ, C. H. B. et al.; CORTEZ, L. A. B. (Org.). **Proálcool 40 anos – Universidade e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro**. São Paulo: Blucher, 2016.

EUROPEAN EXPANDED CLAY ASSOCIATION (EXCA). **Building our future with expanded clay**. Disponível em: <https://www.exca.eu/wp-content/uploads/2015/03/Building-our-future-with-expanded-clay.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2020.

JÚNIOR MACHADO, Antônio Célio. **Avaliação da adição de lodo gerado no tratamento de efluentes frigoríficos (LF) como matéria-prima na fabricação de argila expandida**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, 2019.

KATAYMA, Victor Takazi. **Quantificação da Produção de Lodo de Estações de Tratamento de Água de Ciclo Completo: uma análise crítica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde: princípios e práticas na construção residencial**. Adaptação: Sasquia Hizuro Obata. 1.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

LIMA, S. A. et al. Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão. **Ambiente Construído**, v.11, p.201 – 212, 2011.

MACEDO, PAMELA CAMARGO. **Avaliação do Desempenho de Argamassas com Adição de Cinza do Bagaço de Cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia – UNESP, Ilha Solteira, SP, 2009.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Perfil de argilas para Cerâmica Vermelha**. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/documents/36108/448620/P23\\_RT32\\_Perfil\\_da\\_Argila+%281%29.pdf/66e440a8-195e-0e2f-3922-e2d038af7537?version=1.0](http://www.mme.gov.br/documents/36108/448620/P23_RT32_Perfil_da_Argila+%281%29.pdf/66e440a8-195e-0e2f-3922-e2d038af7537?version=1.0). Acesso em: 30 ago. 2020

MORAVIA, W. G. et al. Caracterização microestrutural da argila expandida para aplicação como agregado em concreto estrutural leve. **Cerâmica**. p.193 – 199, 2006.

MURALI, K.; SAMBATH, K.; HASHIR, S. M. A Review on Clay and its Engineering Significance. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v.8, p.8 – 11, 2018.

MURRAY, Haydn H. **Applied clay mineralogy: Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite – Sepiolite, and Common Clays**. 1. ed. Amsterdã: Elsevier, 2007.

OLIVEIRA, E. M. S.; MACHADO, S. Q.; HOLANDA, J. N. F. Caracterização do resíduo (lodo) proveniente da estação de tratamento de águas visando a sua utilização em cerâmica vermelha. **Cerâmica**. p.324 – 330, 2006.

RYTWO, Giora. Clay Minerals as an Ancient Nanotechnology: Historical Uses of Clay Organic Interactions, and Future Possible Perspectives. **Revista de la sociedad española de mineralogía**, Upper Galilee (Israel), n°9, p.15 - 17, 2008.

SABESP. **Tratamento de água**. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47>. Acesso em: 12 ago. 2020.

SILVA, Bruno Miguel Martins. **Betão Leve Estrutural com Agregados de Argila Expandida**. Dissertação (Mestrado em Estruturas de Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, Porto – Portugal, 2007.

TEIXEIRA, Silvio Rainho. **Caracterização de argilas usadas para a produção de cerâmica vermelha e estudo das alterações nas suas propriedades pela adição de resíduos sólidos**. Tese (Livre-Docência em Física) – Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP, Presidente Prudente, SP, 2006.

URAL, Nazile. **The Importance of Clay in Geotechnical Engineering**. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/current-topics-in-the-utilization-of-clay-in-industrial-and-medical-applications/the-importance-of-clay-in-geotechnical-engineering>. Acesso em: 15 ago. 2020.

ZANCAN, N. P.; TONIOLLO, M.; MIOTTO, N. Reaproveitamento de resíduos de ETAS, uma alternativa para o desenvolvimento sustentável. **VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, p.1 – 6, 2015.

ZARDO, A. M. et al. Utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como “Filler” em compostos de fibrocimento. **I Conferência latino-americana de Construção Sustentável/ X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2004.