

CINZA A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR REUTILIZADA COMO PARTE INTEGRANTE EM ARGAMASSAS E CONCRETOS NA INDÚSTRIA CIVIL

Sandra Tatiane Martins Oliveira (UNINOVE)
engsandratati@gmail.com

Amanda Carvalho Miranda (UNINOVE)
mirandaca1@hotmail.com

Silverio Catureba da Silva Filho (UNINOVE)
silverio@uninove.br

ROGERIO BONETTE KLEPA (UNINOVE)
klepao@gmail.com



Este trabalho teve como objetivo, demonstrar o processo da biomassa da cana-de-açúcar com o uso da cinza como resíduo do bagaço na construção civil. A metodologia utilizada foram pesquisas bibliográficas onde pôde-se extrair informações sobre o assunto abordado: bagaço da cana-de-açúcar, a qual é destinado sua queima em caldeira para gerar energia renovável e com o resíduo desse processo é gerada a cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA). A reciclagem de resíduos é registrada como sendo o melhor método para os problemas ambientais atuais, como a carência de recursos naturais e o descarte incorreto desses resíduos. Esta pesquisa é demonstra através de estudo a utilização da CBCA, por possuir características granulométricas que podem ser agregadas como adição mineral e, tornar-se um material semelhante à areia natural, cristalina e com alto teor de sílica transformando-se em um reforço, onde tem a função de substituir parte do cimento em argamassas e concretos em massa em torno de 30%, além de se tornar grande potencial sustentável. O conceito adotado foi de demonstrar a aplicação da cinza da cana-de-açúcar obtida, perante as condições da queima controlada, com a finalidade de melhoria nas características, por possuir uma resistência semelhante ao concreto.

Palavras-chave: adição mineral, biomassa, bagaço, fibrocimento, cana-de-açúcar

1. Introdução

Atualmente, o consumo mundial de energia vem crescendo constantemente. Nas últimas décadas, esta demanda de energia baseia-se principalmente em fontes não renováveis, o que vem desencadeando uma série de questionamentos em relação ao abastecimento energético, ao equilíbrio ambiental e econômico (CARON et al.,2015).

Muitos países buscam informações e soluções alternativas através da utilização de fontes renováveis, a fim de minimizar os problemas, incluindo nesse contexto a biomassa florestal. Esta é uma das alternativas viáveis para abrandar o aumento da concentração e minimizando o CO₂ na atmosfera juntamente com o carbono das plantas arbóreas (CARON et al., 2015).

Com o processo da cana é obtido o bagaço e o caldo que contém a sacarose. Através do caldo se produz açúcar, etanol com a fermentação seguida da destilação. Com a cana, é feita a limpeza e o esmagamento, em seguida o caldo é separado a partir do bagaço. Utilizam-se duas técnicas diferentes: a extração por moagem ou a extração por difusão. Ambos os processos dão origem ao bagaço de cana, porém com características diferentes (CARVALHO, 2015).

Dentro deste contexto, o setor sucroalcooleiro é uma das atividades econômicas mais antigas no Brasil, tornando-se o país com a maior produção de cana de açúcar. A produção acontece o ano inteiro e as regiões Sul, Sudeste, Centro Oeste e Nordeste, que são as mais produtivas. Estima-se que o país deve alcançar uma produtividade maior que 3,25%, até 2018 / 2019, e colher 47,34 milhões de toneladas do produto, corresponde a um acréscimo de 14,6 milhões de toneladas em relação ao período 2007/2008 (MINOSSO,2016).

Os principais subprodutos da indústria sucroalcooleira são folhas e pontas, água de lavagem, bagaço, cinza, torta de filtro, leveduras e vinhaça (AQUINO et al., 2014). Dentre as principais fontes de energia renováveis limpas, pode-se citar a biomassa do bagaço de cana-de-açúcar, que será abordado a seguir, sendo utilizada como aplicação na indústria da construção civil.

A biomassa é formada essencialmente por lenha e por produtos da cana-de-açúcar. Através dela se produz o etanol, contribuindo na matriz energética e nos últimos 10 anos, os produtos da cana-de-açúcar obtiveram um aumento na produção de energia primária em 19,1% da produção de energia interna (CARVALHO, 2015).

Em 2016 a biomassa gerou cerca de 54 TWh, entretanto o bagaço e a palha da cana obtiveram uma contribuição de 36 TWh, correspondente à 67%. O bagaço e a palha são subprodutos da biomassa, já os resíduos de madeira da produção de celulose são o biogás, a casca de arroz, entre outros (CONACEN, 2017).

A Tabela 1 abaixo representa o potencial energético de alguns tipos de resíduos utilizados no Brasil, seguido do Gráfico 1 que demonstra o real potencial energético da cana-de-açúcar comparado aos demais resíduos.

Tabela 1 – Potencial energético de resíduos no Brasil.

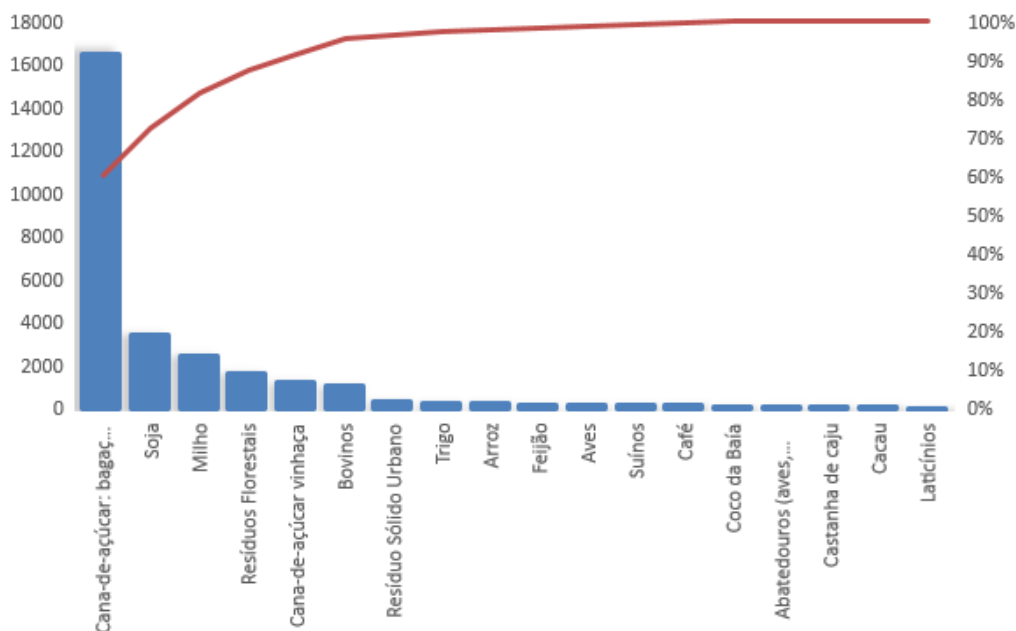
RESÍDUO	POTENCIAL (MW)
Resíduo Sólido Urbano	282,0
Cana-de-açúcar vinhaça	1.200,0
Soja	3.422,0
Milho	2.406,0
Cana-de-açúcar: bagaço e tora de filtro	16.464,0
Feijão	143,0
Arroz	175,0
Trigo	228,0
Café	97,0
Cacau	7,0
Coco da Baía	39,0
Castanha de caju	8,0
Aves	137,0
Bovinos	1.032,0
Suínos	122,0
Abatedouros (aves, bovinos, suínos) e graxaria	12,0
Laticínios	2,6
Resíduos Florestais	1.604,0
TOTAL	27.380,6

Fonte: (CEMIG, 2016)

Nota-se na Tabela 1, o resíduo gerado correspondente à cana-de-açúcar: bagaço e tora de filtro tem o maior potencial de 16.464,0 MW, significa que esta biomassa tem o maior recurso para reaproveitamento das cinzas na construção, tornando-se um fator importante na natureza e na produção. O Gráfico 1 a seguir demonstra esse potencial em produção convertido para geração de energia em megawatts.

Gráfico 1 – Potencial energético de resíduos no Brasil representado através porcentagem.

POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS NO BRASIL



O cultivo da cana-de-açúcar é um recurso natural e renovável, dela se extrai o etanol, o açúcar e a energia, além de subprodutos como vinhaça, torta de filtro, bagaço, levedura seca e partículas de cinza (AQUINO et al., 2014).

MINOSSO (2016) relata que após extração do caldo, o bagaço é queimado nas caldeiras para gerar combustível, nessa queima, o vapor d'água é utilizado na produção de açúcar, álcool e em processos de cogeração de energia elétrica. Surgem também, pesquisas sobre soluções alternativas de materiais para a construção civil sustentáveis, como é o caso da utilização de cinzas na fabricação confecção de concreto e argamassa.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo demonstrar a utilização da cinza do bagaço de cana-de-açúcar no reforço em concretos e argamassas na indústria civil como forma de energia renovável e sustentável.

1.1 A cana-de-açúcar e seus resíduos

O Brasil se tornou o maior fabricante de cana-de-açúcar, tendo como principais regiões de cultivo o Sudeste e Nordeste. A cana-de-açúcar e seus derivados fazem parte da história e desenvolvimento do Brasil, tornando-se importante na economia, produção de açúcar e álcool (MINOSSO, 2016).

De acordo com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA, 2015) 10.870.647 hectares na região Centro-Sul foram responsáveis por 87% da produção nacional, 632.127 milhões de toneladas de safra moída. Estima-se que a cinza residual, será produzida por volta de 4 milhões de toneladas.

Uma tonelada de cana gera 320 kg de bagaço, sendo que 90% utilizados na geração de energia. Um ponto positivo do bagaço é de poder gerar energia na sua própria usina, reduzindo custos e ser sustentável. A capacidade de cogeração de energia com o bagaço corresponde à 1650 MW ou 2% da demanda nacional (COSTA et al., 2012).

Segundo ABNT (2014) referente a norma NBR 12653/ 2014, materiais pozolânicos classificam-se como materiais silicosos ou sílico aluminosos, por possuírem pouca ou nenhuma propriedade cimentícia, quando distribuídos finamente e com a presença de umidade, reagem quimicamente com o hidróxido de cálcio, à temperatura ambiente para a formação de propriedades cimentícia.

De acordo com LIMA (2016), o processo de moagem exerce efeito sobre a atividade pozolânica, através da diminuição das partículas da cinza do bagaço, pois o aumento da superfície específica das partículas demonstra o aumento na reação do material.

Segundo MINOSSO (2016), a cinza do bagaço pode reagir melhor por diferentes fatos, uma delas é o controle da queima do bagaço a fim de garantir que a sílica continue na forma amorfo, a outra é para que o carbono presente no material orgânico, seja liberado em forma de gás e por último a moagem, quanto mais fina for a cinza melhor será sua reação química, ou seja, haverá maior área de contato da cinza com a pasta de cimento gerando grande número de pontos de nucleação para a reação pozolânica. Afirma ainda que o uso de resíduos nas construções, independentes de serem residenciais, edificações ou infraestrutura urbana, torna-se uma alternativa viável para o setor de construção civil e produção, em busca de novas alternativas de materiais para utilização de cinzas na confecção de concreto e argamassa.

1.2 Cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBCA)

Segundo SILVA (2016), uma tonelada de cana produz em média 280 Kg de bagaço e 234 Kg de palha e pontas. O Brasil produziu cerca de 3,7 milhões de toneladas de CBCA.

Dados da ÚNICA (2015) informam que o Brasil foi responsável pela moagem de 643 milhões de toneladas, e Pernambuco quase 15 milhões, conforme dados, na safra 2014.

Conforme RODRIGUES (2012) a cinza de biomassa é um resíduo gerado através da queima de fontes de energias renováveis, resíduos da agricultura e agroindustriais.

Para obter cinzas com boa qualidade são utilizadas algumas correlações entre a composição química do combustível, baseada na análise de componentes básicos e ácidos encontrados nas cinzas (CARVALHO, 2015).

FERNANDES (2015), citou que o uso da CBCA em composição parcial com o cimento Portland, apresenta alta resistência na produção do concreto. Autores recomendam a substituição de até 30%, tonando-se viável para a produção de concreto com alta resistência à compressão aos 28 dias e diminuir as penetrações de cloreto com consequente melhoria de resistência.

De acordo com SILVA (2016), o aumento da produção de cimento é proporcional aos impactos ambientais causados. Estudos apontam que 5% das emissões atmosféricas de CO₂ são atribuídos à fabricação de cimento. Relata também que o aproveitamento de resíduo, faz com que haja a diminuição do impacto ambiental e a redução dos custos na produção das misturas de argamassas e concretos.

1.2.1 Adição da cinza como processo alternativo para produção de cimento

O cimento Portland é o material mais produzido no mundo, ultrapassando até a produção de metais, polímeros e outros (REZENDE, 2016).

Essas informações demonstram a finalidade na área da construção civil onde propõe-se a reutilização na fabricação de argamassa e concretos, com a inclusão da cinza do bagaço da cana-de-açúcar ao cimento Portland, servindo como adição pozolânica e a utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA), se tornando um agregado miúdo (na substituição parcial, da areia na confecção de pastas de cimento nas construções) (VASCONCELOS, 2013).

De acordo com ALCANTARA e SANTOS (2012), a composição fina da CBCA, torna-se um complemento importante para a transformação do concreto auto-adensável fresco em suas

respectivas dosagens, ou seja, contribui na resistência do material. As cinzas possuem relação direta com a ductilidade, proporcionando uma maior rigidez com o passar do tempo ao concreto auto-adensável.

1.3 A substituição da areia por resíduos

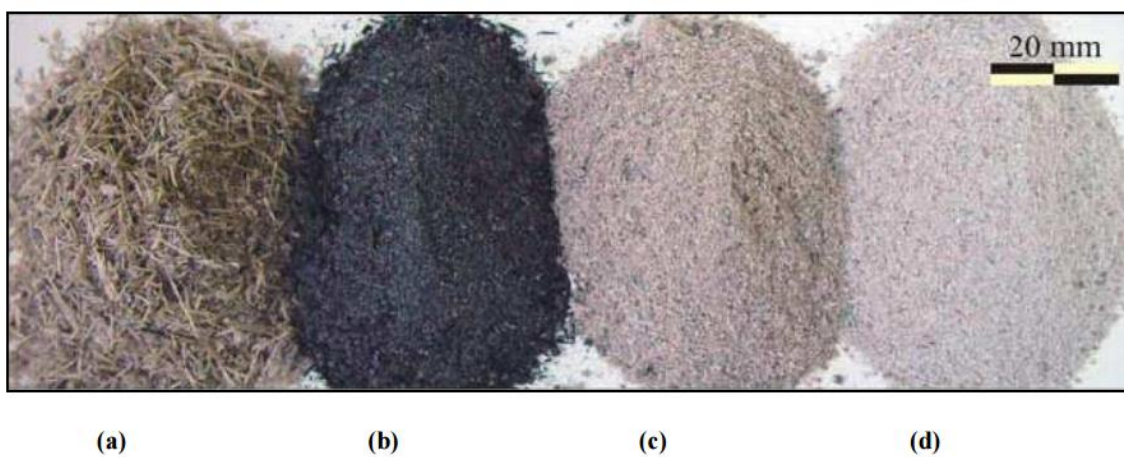
De acordo com CANOVA (2015), as cinzas do bagaço da cana-de-açúcar apresentam em sua composição grande quantidade de sílica (SiO_2) semelhante à areia extraída dos rios, isso traz benefícios como aditivo mineral em sistemas cimentícios, substituição parcial do cimento ou como substituição de agregado miúdo.

Segundo BESSA (2011), pesquisador da UFSCar, numa mistura com uma substituição de areia por cinza em proporções de 30% a 50%, o concreto ganha até 17% mais resistência. Com isso, a quantidade de cimento presente no concreto poderia diminuir, mantendo a mesma resistência. A substituição é possível porque as cinzas possuem as características granulométricas parecidas com a da areia natural, tanto na porção cristalina como no alto teor de sílica. Esta alternativa traz benefícios, pois a utilização das cinzas faz com que, a retirada de areia dos leitos dos rios diminua com o passar do tempo.

As colorações da cinza, resíduo de biomassa da cana-de-açúcar, variando de tonalidades e matéria orgânica, temperaturas, tempo de queima nos fornos industriais ANJOS et al. (2012) não são aproveitadas na indústria, porém se tratada no peneiramento ou na moagem, pode-se utilizar na produção de aditivo mineral com usos em concretos convencionais, tornando-se concretos auto-adensáveis. A cinza possui inúmeras finalidades através de seu reaproveitamento em argamassas de assentamento, revestimento, colante e pastas para cimentação de poços de petróleo, entre outras.

A Figura 2, segundo MACEDO (2009), representa as diversas tonalidades da cinza extraída após queima do bagaço da cana. (a) bagaço da cana-de-açúcar e diferentes cinzas residuais geradas após a queima do bagaço em caldeira; (b) cinza escura com alto teor de carbono, característico de combustão incompleta; (c) cinza com menor teor de carbono; e (d) cinza gerada após a combustão completa.

Figura 2 – Cinzas com diversas colorações.



Fonte: Macedo (2009)

Na Figura 3, conforme pesquisas da USP, observa-se que as faixas esbranquiçadas identificam o local da reação e os corpos de prova escuros à esquerda, são os com incorporação da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA).

Figura 3- Concreto produzido com cinzas

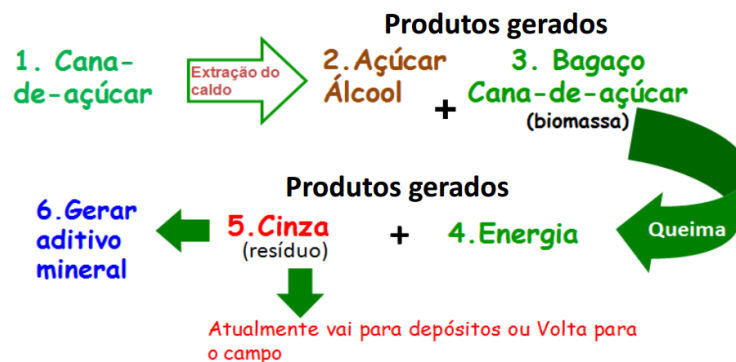


Fonte: Fernandes (2015)

Diversos estudos referentes as cinzas estão sendo realizados, a fim de identificar a resistência significativa à compressão de argamassas, até chegar a um limite na reação pozolânica com a adição da cinza, elevando superfície específica da cinza do bagaço a pontos de nucleação para os produtos da reação de hidratação.

As Figuras 4 e 5 a seguir, representam o ciclo de produção da cana-de-açúcar.

Figura 4 – Ciclo de geração do resíduo da biomassa da cana-de-açúcar



Fonte: Anjos, Ferreira & Borja (2012)

Pesquisas demonstram que a cinza gerada através do bagaço da cana-de-açúcar pode obter grande teor de concentração de sílica, ela se comporta juntamente com o cimento pozolânico, fazendo com que se transforme em um aglomerante em conjunto com a água e o cimento em sua composição. Foram constatados em diversos testes, que ele se torna viável para esta função e por ser um produto feito com esta matéria-prima, apresenta resistência mecânica similar ao produzido nas indústrias.

2. Metodologia

Este artigo foi desenvolvido por meio de levantamento nas literaturas acadêmicas e pesquisas bibliográficas, realizadas através de coleta de dados e informações na base de dados Periódicos Capes, Google Scholar, Embrapa, Secretaria de Minas e Energia, entre outros pertinentes ao tema abordado.

Buscou-se conceitos totalmente relevantes sobre energia de biomassa e a utilização das cinzas do bagaço da cana-de-açúcar aplicados na construção civil. Inicialmente a pesquisa realizada foi através de uma busca na literatura através de informações públicas, artigos, dissertações, teses, sites, a fim de compreender o melhor aproveitamento dos recursos naturais.

Foram pesquisados também além do conceito, a utilização das cinzas na incorporação ou substituição do agregado miúdo, sempre tendo o cuidado e a preservação para com o meio ambiente.

3. Resultados e Discussões

Realizou-se um estudo da biomassa da cana-de-açúcar como geração de energia renovável nas indústrias, através do processo de moagem e na reutilização de suas cinzas como parte integrante em argamassas de concretos para a construção civil.

A Tabela 1 apresenta o potencial energético de resíduos no Brasil apresentado por CEMIG (2016), observa-se a importância de cada resíduo gerado no Brasil com seus respectivos potenciais energéticos, principalmente no que se refere o reaproveitamento das cinzas na construção.

O bagaço apresenta grande contribuição nas usinas, como geração de seu próprio combustível. Já a sua em caldeiras, pode preocupar o meio ambiente por serem descartadas incorretamente na natureza.

Uma das descobertas desse tipo de biomassa, foram as cinzas do bagaço da cana-de-açúcar, podendo ser reutilizada (incorporada) no reforço da produção de fibrocimento, ou seja, por possuir a Sílica (SiO_2) do silício encontrado em minerais, areias e silicatos, podendo substituir o cimento em proporções de massa em até 30%.

Um ponto interessante se refere a temperatura de queima do bagaço de cana-de-açúcar, onde pode sofrer variações e definir o surgimento das distintas fases da sílica (amorfas ou cristalinas), presença de material cristalino nas cinzas é devida às altas temperaturas de combustão nas caldeiras, podendo influenciar tanto na cor, na forma e a quantidade da sílica.

Além de possuir características que se adequam ao cimento e com a mesma resistência e durabilidade na fabricação, a cinza também pode ser utilizada em diferentes aplicações, como incorporação na massa cerâmica para fabricação de telhas, tijolos, placas cerâmicas, entre outras.

A inclusão das cinzas da cana-de-açúcar contribui na redução dos gastos de fabricação, proporcionando vantagens na construção civil com o cimento e do não descarte ao meio ambiente.

Um dos pontos importantes nessa pesquisa, foi a descoberta da aplicação das cinzas como substituto do cimento por possuir uma resistência elevada e uma expectativa futura muito promissora, se usada adequadamente.

O resultado desta pesquisa envolve a preocupação com o meio ambiente, redução de custos voltados para o meio ambiente, reaproveitar as cinzas do bagaço da cana-de-açúcar que é um bem tão precioso, pois contribuirá cada vez mais na construção civil, minimizando os gastos de produção e fabricação, tornando uma operação eco-sustentável.

As diretrizes adotadas neste artigo, são importantes na contribuição de uma construção mais ecológica, aplicando os fenômenos da natureza com o uso de novas tecnologias, em novos empreendimentos e indústrias, reduzindo os custos e reaproveitando o que temos de melhor, a própria natureza.

4. Conclusão

Analisou-se com o estudo o desempenho das cinzas através do bagaço da cana-de-açúcar, agregando suas características com as do cimento, podendo dessa forma substituí-lo, por possuir uma grande resistência, e o mais importante, atendendo os critérios de economia, do mercado e o principal respeitando o meio ambiente.

O processo de apuração para a geração do resíduo da biomassa é composta de cana-de-açúcar, colheita, extração do caldo, bagaço resultante da extração, depósito do bagaço, queima do bagaço para geração de energia, cinzas do bagaço e concreto.

Entretanto, esta apuração vai depender de cada tipo de empreendimento, cada um constitui uma necessidade diferenciada para que assim sejam sanadas, permitindo a continuidade dos sistemas econômicos, sociais, ambientais e culturais.

Os resultados encontrados são positivos tanto na geração de energia através do reaproveitamento das cinzas quanto contribuindo com o crescimento social e preservação

ambiental. A utilização das cinzas no concreto, indica um elevado potencial no que se refere a resistência desse agregado na construção civil.

Com a expansão dessa tecnologia, nota-se a redução dos custos de geração, sem a necessidade do desmatamento para o uso somente das cinzas, ou seja, a biomassa da cana-de-açúcar é essencial e totalmente utilizada para as futuras gerações e pesquisas.

Conclui-se que a substituição de até 30% de cinza do bagaço em relação ao cimento Portland, resultou positivamente, tanto na durabilidade do concreto como na alta resistência. Com a utilização parcial da cinza na argamassa, averiguou-se uma melhora na porosidade e maior absorção de água, quanto mais cinza adicionada. O aproveitamento da cinza do bagaço da cana-de-açúcar nas construções se torna uma opção muito viável, tanto economicamente como ambientalmente.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12653: Materiais pozolânicos – Especificação. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em < <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/36298/nbr12653-materiais-pozolanicos-requisitos> >. Acesso em 01 de março de 2017.

ALCANTARA, Marco Antônio de Moraes; SANTOS, Bruno Vendramini dos. *Concreto auto-adensável com cinzas de bagaço de cana como finos: reologia do concreto fresco e comportamento no estado endurecido*. Ilha Solteira -SP. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v 5, n 1, pp. 17-35, 2012.

AQUINO A. F., BIDÔ É. S., GALVÃO, M. L. M. e OLIVEIRA, V. N. *O Etanol da Cana de Açúcar: Possibilidades Energéticas da Região de Ceará-Mirim-RN*. Ceará. 19 p. **Holos**, ano 30, Vol. 01, pp 105-125, 2014.

ANJOS, M. A. S. dos; FERREIRA, D. F.; BORJA, E. V. *Influência da finura do resíduo de biomassa da cana-de-açúcar na atividade pozolânica com a cal*. **Holos**, ano 28, v. 2, pp. 44-57, 2012.

BESSA, Sofia Araújo Lima. **Utilização da Cinza do Bagaço da Cana-de-Açúcar como Agregado Miúdo em Concreto para Artefatos de Infraestrutura Urbana**. São Carlos. Universidade Federal de São Carlos, 2011. 181 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, São Paulo, 2011.

CANOVA, José Aparecido; MIOTTO, José Luiz; DE MORI, Luci Mercedes. *Avaliação de argamassa mista de revestimento com substituição da areia natural por cinza de bagaço de cana-de-açúcar*. **Ciência & Engenharia**, v. 24, n. 1, pp. 125-134, 2015.

CARON, Braulio Otomar; Eloy, Elder; SOUZA, Velci Queiroz; SCHMID, Denise; BALBINOT, Rafaelo; BEHLING, Alexandre; MONTEIRO, Gean Charles. *Quantificação da Biomassa florestal em plantios de curta rotação com diferentes espaçamentos*. **Comunicata Scientiae**, Curitiba, v 6, n 1, pp. 106-112, 2015.

CARVALHO, Danilo José. **Geração de bioeletricidade em usina sucroalcooleira utilizando bagaço, palha de cana e sorgo Biomassa**. UNICAMP, 2015. 154 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (Área de concentração: Térmica e Fluídos), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. Uma reflexão sobre alternativas energéticas [livro eletrônico] / Cláudio Homero Ferreira da Silva. – Belo Horizonte: Cemig, 2016.

CONACEN – Conselho Nacional de Consumidores de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.conacen.com.br/2017/03/10/bioeletricidade-e-segunda-fonte-de-geracao-mais-importante-na-oferta-interna-de-energia-eletrica/>>. Acessado em 15 de março de 2017.

COSTA, Wendell Lucas Silveira; BOCCHI, Maria Lígia de Melo. *Aplicações do bagaço da cana de açúcar na atualidade*. **Revista Ciência e Tecnologia** v 4. n.1, 2012.

FERNANDES, Sergio Eduardo; TASHIMA, Mauro Mitsuchi; MORAES, João Cláudio Bassan de.; ISTUQUE, Danilo Bordan; FIORITI, Cesar Fabiano.; MELGES, José Luiz Pinheiro; AKASAKI, José Luis. *Cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como adição mineral em concretos para verificação de sua durabilidade*. **Revista Matéria**, v.20, n.4, pp. 909 – 923, 2015.

MACEDO, Pamela Camargo. *Avaliação do desempenho de argamassa com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar*. São Paulo – Dissertação (Mestrado) 2012. 118 p. - Faculdade de Engenharia –UNESP, 2016.

MINOSSO, Anariele Maria.; PIAIA, Maria Luiza.; FIDELIS, Nayara Vargas Witcel.; ZANANDREA, Vinicius.; WEISE, Andreas Dittmar. *Vantagens da Utilização da Cinza do Bagaço da Cana de Açúcar como uma Medida Sustentável para a Indústria do Cimento*. Paraná – VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – APREPRO – Associação Paranaense de Engenharia de Produção. UFSM / UTFPR, 2016.

LIMA, Jofre Silva; MONTEIRO, Eliana Cristina Barreto. *Influência da Moagem da Cinza do Bagaço de Cana-de-açúcar na Atividade Pozolânica*. Escola Politécnica de Pernambuco. Politécnica de Pernambuco. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v 1, n 1, p.p. 23-28, 2016.

REZENDE, Mariana Felicetti. **Uso de cinza de bagaço de cana-de-açúcar em cimento Portland como mecanismo de desenvolvimento limpo.** Ouro Preto, 2016. 120 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da REDEMAT, Ouro Preto, 2016.

RODRIGUES, Michelle Santos. **Avaliação de cinzas de palha de cana-de-açúcar e sua utilização como adição mineral em matrizes cimentícias.** Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2012.

SILVA, Emerson José da. **Utilização do método de condutividade elétrica para análise da pozolanicidade da cinza do bagaço da cana-de-açúcar.** Caruaru, 2016. 82 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

UNICA. União da indústria de Cana-de-Açúcar. Agroindústria Balanço de Atividades de 2015. São Paulo: Unica, 2015. Disponível em < <http://www.unica.com.br/>> Acesso em 03 de janeiro 2017.

VASCONCELOS, Marcela Correia de Araújo. **Avaliação da atividade pozolânica da cinza do bagaço de cana-de-açúcar utilizando métodos físicos.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.