




Debora Andressa Mariano da SILVA*

 <https://orcid.org/0000-0002-4406-8221>


Lúcio Gonçalves YAMASITA**

 <https://orcid.org/0000-0002-0609-6547>


Marcus Vinicius Barros SANTANA***

 <https://orcid.org/0000-0002-7798-6141>

Bruno Henrique PINTO****

 <https://orcid.org/0000-0002-0317-3834>

Alan Henrique VICENTINI*****

 <https://orcid.org/0000-0003-0580-6292>

Recebido em: 11 de janeiro de 2021.

Aprovado em: 31 de agosto de 2022.

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS INCORPORADOS COM CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR*

RESUMO

A construção civil encontra-se em um contínuo processo de expansão, sendo considerada um dos setores que mais movimentam a economia no país. Porém, o intenso desenvolvimento de atividades nesta área torna a demanda por matérias-primas expressivamente alarmante do ponto de vista do desenvolvimento sustentável. Visando contribuir para a diminuição do uso dos recursos naturais, uma possível alternativa a ser adotada é a substituição parcial de agregados miúdos pela cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBCA), a qual é obtida como subproduto do setor sucroalcooleiro, cujo descarte final ainda é duvidoso e vem sendo estudado, em termos de viabilidade e possíveis impactos ambientais. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo analisar a possibilidade de utilização da CBCA como substituto parcial de areia na confecção de concretos, visando ao aumento de resistência à compressão axial. Para isso, foram produzidos corpos de prova de concretos com a substituição de areia por CBCA nos teores de 10%, 12%, 14%, 16%, 18% e 20% (em massa) do corpo de prova referencial. Entre os traços confeccionados, a amostra com teor de 12% de substituição apresentou resultados cujos valores atingiram maior resistência mecânica. Por fim, conclui-se que é possível utilizar CBCA em substituição parcial de areia no teor de 12% em massa, uma vez que há aumento da resistência mecânica do material e, simultaneamente, é possível mitigar impactos ambientais provenientes do descarte inadequado da cinza, além de reduzir a extração de areia para utilização como material de construção, em função da redução de seu consumo.

Palavras-chave: Dosagem tecnológica. Sustentabilidade. Materiais de construção. Materiais alternativos de construção.

ANALYSIS OF THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETES BLENDED WITH SUGARCANE BAGASSE ASH

ABSTRACT

Civil construction is in a continuous process of expansion, being considered one of the sectors that most move the economy in the country. However, the intense development of activities in this area makes the demand for raw materials expressively alarming from the point of view of sustainable development. Aiming to contribute to the reduction of the use of natural resources, a possible alternative to be adopted is the partial replacement of fine aggregates by sugarcane bagasse ash (CBCA), which is obtained as a by-product of the sugar-alcohol sector, whose disposal The final result is still doubtful and has been studied in terms of feasibility and possible environmental impacts. Thus, the present work aims to analyze the possibility of using CBCA as a partial substitute for sand in the manufacture of concrete, aiming at increasing the resistance to axial compression. For this, concrete specimens were produced with the replacement of sand by SCBA at the levels of 10%, 12%, 14%, 16%, 18% and 20% (by mass) of the reference specimen. Among the traces made, the sample with 12% of substitution presented results whose values reached greater mechanical resistance. Finally, it is concluded that it is possible to use CBCA in partial replacement of sand in the content of 12% by mass, since there is an increase in the mechanical strength of the material and, simultaneously, it is possible to mitigate environmental impacts from the inadequate disposal of ash, in addition to reducing the extraction of sand for use as construction material, due to the reduction of its consumption.

Keywords: Technological dosage. Sustainability. Construction materials. Alternative construction materials.

* Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP - Unifunec, e-mail: deborandressa100@hotmail.com

** Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP - Unifunec, e-mail: lucioyamasita@hotmail.com

*** Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP - Unifunec, e-mail: marcussantana7@gmail.com

**** Mestre, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP - Unifunec, e-mail: engbhpin@gmail.com

***** Mestre, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP - Unifunec, e-mail: vicentini.alanh@gmail.com

* Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP - Pibic/Unifunec



1 INTRODUÇÃO

A construção civil, em constante expansão, possui atividades nos mais diversos setores da economia nacional, como obras de habitação, indústria, comércio, infraestrutura e tecnologia, contribuem para o desenvolvimento regional e nacional, gerando, aproximadamente, 12 milhões de empregados de forma direta e indireta, segundo a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP (2019).

O concreto, um dos materiais de construção mais utilizados na construção civil, faz uso de agregados em sua composição, como brita, cascalho e areia, que são destinados para o preparo de materiais cimentantes. A areia é amplamente utilizada na confecção de concretos e argamassas e, por esse motivo, há grande demanda por esse material, que vem constantemente se reduzindo em termos de oferta. Conseqüentemente, existe a necessidade de busca por um material alternativo para produção de concretos e argamassas, de forma a garantir a disponibilidade e qualidade dos produtos confeccionados sem promover impactos ambientais ocasionados pela extração de matéria-prima.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019), o Brasil ocupa a posição de maior produtor de cana-de-açúcar no mundo. Isto é, a elevada demanda por etanol, as condições climáticas adequadas e as grandes áreas disponíveis para produção demonstram o potencial do agronegócio brasileiro e isso faz do Brasil um forte competidor na comercialização de açúcar e álcool mundial. A queima do bagaço da cana-de-açúcar é o processo responsável pela produção de grande parte da energia consumida nas próprias indústrias sucroalcooleiras e esse processo gera um subproduto, o qual é denominado de CBCA. Esse resíduo é utilizado como adubo nas áreas de plantio da cana-de-açúcar, porém, há poucos estudos que indicam esse componente como fertilizante e, possivelmente, em breve, órgãos públicos deverão regularizar a aplicação do resíduo para evitar uso inadequado. Segundo a NBR 10004 (2004), a CBCA ainda não possui normatização para sua aplicação.

Com a finalidade de se utilizar esse resíduo, o trabalho aqui apresentado visa à aplicação da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como substituto parcial da areia (agregado miúdo) na confecção de concreto. Analisou-se o uso desse resíduo como agregado miúdo em diferentes porcentagens de substituição.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Concreto

O cimento é um material fundamental para engenharia civil, sendo o principal insumo para a confecção de concreto. De acordo com Mehta e Monteiro (2008), o cimento mais utilizado no Brasil e no mundo é o Cimento Portland, o qual é composto por clínquer, uma mistura de calcário e argila que, após hidratado, atua como ligante entre os demais componentes, como gesso, materiais pozolânicos, agregados e possíveis adições, permitindo o preenchimento de grande parte dos vazios da mistura cimentante. Segundo Bastos (2002), como resultado de suas propriedades físicas e químicas, o material resultante pode ser modelado em diferentes formas e tamanhos quando no estado fresco e, após endurecido, adquire uma consistência sólida, garantindo grande resistência e durabilidade.

Uma dosagem tecnológica do concreto exige um estudo preliminar estabelecendo a proporção adequada entre os materiais para cada uso específico. A determinação da relação água/cimento está diretamente ligada à resistência mecânica requerida ao concreto. De acordo com o traço estabelecido, o concreto é classificado em três classes: rico, intermediário ou pobre, em que o primeiro possui uma relação cimento/agregados de até 1:3,5, em massa, enquanto os demais possuem a relações de até 1:5,0 e 1:6,5, respectivamente.

Uma das vantagens do concreto em relação a outros materiais é a sua afinidade com água, podendo resistir ao contato direto em obras submersas, fato que viabiliza sua utilização nas mais diversas obras. O avanço tecnológico dos materiais permite experimentar novos materiais para garantir o desenvolvimento sustentável em função da redução de consumo de recursos naturais.

2.2 Cinza do Bagaço de Cana-de-açúcar CBCA

O Brasil possui condições climáticas e recursos hídricos apropriados para a cultura de cana-de-açúcar, favorecendo a qualidade no seu plantio e, em boa parte do território nacional, não é necessária a utilização de técnicas de plantio específicas, facilitando o manuseio e a produção da cana-de-açúcar, fator determinante para o Brasil estar entre os países que lideram a produção mundial.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020), a produção da safra de 2019 até março de 2020 foi de, aproximadamente, 632 milhões de toneladas.

O volume das safras está ligado diretamente à terceirização de serviços diretos e indiretos beneficiando cinquenta mil empresas. Através de equipamentos, manutenção e insumos, a geração de imposto fica em torno de 12 bilhões de reais por ano, números que demonstram a importância do agronegócio canavieiro, segundo (SILVA; PONTILI, 2005).

A sacarose é a matéria-prima essencial para produção de açúcar e álcool e é obtida através da separação entre o bagaço e o caldo extraído na moagem. Segundo Leme (2005), para maximizar a eficiência na extração da sacarose, a moagem é realizada em uma temperatura de 540 °C, etapa em que o bagaço é obtido.

De acordo com Leme (2005), atualmente, o bagaço de cana-de-açúcar é utilizado como material para produção de energia sustentável, sendo responsável pela produção de energia limpa ou renovável. Segundo Jank (2008), a cada 2 kg de bagaço utilizado no processo, produz-se 1kg de sacarose, sendo que, para cada tonelada de cana-de-açúcar produzida, são gerados cerca de 260 kg de bagaço.

O setor sucroalcooleiro é considerado autossuficiente em questão de energia elétrica, pois atende 98% da sua demanda através da queima do bagaço (CORRÊA NETO; RAMON, 2002). Após o processo de geração de energia, são geradas as cinzas residuais obtidas no interior das caldeiras onde o bagaço foi queimado (FAIRBAIRN *et al.*, 2010).

Segundo dados do FIESP/CIESP (2001), para cada tonelada de bagaço de cana-de-açúcar queimado na geração de energia, são gerados, aproximadamente, 25 kg de CBCA. Atualmente, a CBCA vem sendo utilizada em solos de plantações como adubo, prática comumente realizada por diversas empresas do setor sucroalcooleiro (LEME, 2005).

2.3 Propriedades da CBCA

Para que se conheça a viabilidade de utilização da CBCA na produção de concreto, é preciso estudar os efeitos da CBCA sobre as propriedades mecânicas do material, como trabalhabilidade no estado fresco e resistência à compressão no estado endurecido. É por meio do controle da trabalhabilidade do concreto que é possível manusear o material sem que ocorra a separação dos agregados. Dentre diversos fatores, o teor de água na mistura é um dos parâmetros que contribuem para o controle da trabalhabilidade que, em excesso, promove fácil segregação dos materiais, juntamente com a falta de adensamento correto. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), a trabalhabilidade de um concreto deverá ser compatível com as

dimensões da peça a concretar, com a distribuição das armaduras e com os processos de lançamento e adensamento a serem usados.

Um concreto mais consistente é mais difícil de se manipular, assim como sua resistência, durabilidade e aparência serão diferenciados. Mehta e Monteiro (1994) afirmam que a trabalhabilidade exigida para um concreto pode influenciar seu custo e sua qualidade, sendo de extrema importância o controle tecnológico para garantir a qualidade e a economia na produção do material. O ensaio de abatimento de tronco de cone, *slump test* é o mais utilizado para avaliar a trabalhabilidade e a densidade em que se encontra o concreto fresco.

De acordo com estudos de Mehta e Monteiro (2008), a durabilidade, o módulo de elasticidade, a impermeabilidade e outras propriedades físicas estão diretamente relacionados à tensão suportada pelo concreto endurecido, tendo a resistência à compressão como um dos fatores mais importantes a respeito do concreto, à aderência entre seus agregados e à pasta de cimento.

De acordo com Cabral (2007), a porosidade do material resultante do estado endurecido pode influenciar de forma direta na durabilidade do material, uma vez que a percolação de água no interior do concreto pode aumentar a chance de corrosão de armaduras. A correta escolha e proporção dos materiais é essencial para garantir resistência mecânica e durabilidade ao concreto.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho abordou a confecção dos corpos para análise específica da resistência à compressão do concreto, ao substituir agregado miúdo, neste caso, a areia, por CBCA em diferentes proporções, em massa. Para isso, foi utilizado o laboratório de engenharia civil do Unifunec, o qual forneceu todos os equipamentos necessários para a pesquisa.

As amostras de CBCA foram fornecidas pela Usina Sucroalcooleira Vale do Paraná, localizada no município de Suzanópolis – SP. A CBCA coletada não passou por processo de caracterização ou preparação, sendo apenas exposta para secagem ao sol, visando sua utilização sem umidade excessiva. Para confecção dos traços de concreto, foram utilizados cimento CP-II-Z-32, areia média e brita 2, disponibilizados pelos laboratórios de engenharia civil do Unifunec. Foi utilizado o método de dosagem de concreto IPT/EPUSP, método desenvolvido no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, sendo também

estabelecido o traço de concreto 1:5, com teor de argamassa de 67%. Para permitir a comparação entre os traços confeccionados, foi garantida a mesma consistência para todas as amostras, estabelecendo-se um teste de abatimento de tronco de cone de 100 mm \pm 20 mm. A relação entre água/cimento foi determinada em função da consistência no abatimento. Os teores usados na substituição de areia por CBCA foram entre 10% e 20%, em massa, a fim de estabelecer uma relação entre o teor de CBCA e a resistência mecânica dos traços.

Para realização dos ensaios de resistência à compressão, foram moldados corpos de prova cilíndricos com dimensões de 10 cm de diâmetro e de 20 cm de altura, para as datas de ruptura de 7, 14 e 28 dias. As amostras permaneceram em cura submersa até o dia dos ensaios, realizados de acordo com NBR 5739 (ABNT, 2018).

3.1 Procedimento experimental

No processo de produção dos corpos de prova referentes à dosagem de referência, seguiu-se uma ordem pré-definida pelo método IPT-USP, sendo necessário umidificar a betoneira com uma quantidade conhecida de água para os demais materiais não agregarem nas paredes, causando uma perda de material e falta de homogeneização da mistura e, em seguida, adicionou-se uma quantia previamente pesada de brita, cimento e areia, sendo todos misturados na betoneira. Aos poucos, foram adicionadas quantidades definidas de água, até alcançar um resultado de \pm 10 cm no Slump Test.

Após o resultado obtido por meio do Slump Test, o concreto foi adensado em 3 camadas, sendo cada camada constituída de 25 golpes com uma haste de aço lisa e, em seguida, colocado para secar por 24 horas e, posteriormente a esse período, com os corpos de prova já desmoldado, foram submersos em água, para realização do período de cura, respeitando os dias de 7, 14 e 28 dias.

3.2 Traços com substituição

A dosagem com a substituição é similar ao realizado no convencional. O teor de substituição foi definido em função dos trabalhos previamente pesquisados e cada traço foi executado individualmente. Para cada traço confeccionado, a massa de CBCA pesada foi exatamente a massa de areia removida durante a pesagem, de modo que a relação cimento/agregados se mantivesse 1:5,0.

A Tabela 1 expõe os traços confeccionados, acompanhados de seu traço unitário. Desta forma, é possível analisar que há aumento do consumo de CBCA, enquanto ocorre redução do consumo de areia.

Tabela 1 - Quantidade de materiais utilizado

TRAÇO	MATERIAIS USADOS					
	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (kg)	CBCA (kg)	Slump Test (cm)
-						
Ref.	7,88	23,80	15,60	5,70	-	9,10
10%	7,88	21,42	15,60	5,80	2,38	10,50
12%	7,88	20,94	15,60	5,60	2,86	11,00
14%	7,88	20,47	15,60	5,50	3,33	9,00
16%	7,88	19,99	15,60	5,50	3,81	9,30
18%	7,88	19,52	15,60	5,60	4,28	10,20
20%	7,88	19,04	15,60	5,70	4,76	10,90
Total	55,16	145,18	109,20	39,40	21,42	-

Fonte: Dos próprios autores.

Após confeccionados, as amostras foram moldadas e submetidas a cura submersa, onde permaneceram até a data da ruptura. Finalmente, os resultados foram analisados para observação do comportamento da resistência à compressão em função do teor de areia substituído por CBCA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio do ensaio de compressão realizado de acordo com a norma NBR 5739 (ABNT, 2018), obteve-se o resultado da resistência de cada traço, sendo consideradas para cálculo somente as amostras com desvio padrão máximo de 6% em relação ao valor médio das amostras. Na Tabela 2, observa-se o resultado encontrado no rompimento de 7, 14 e 28 dias.

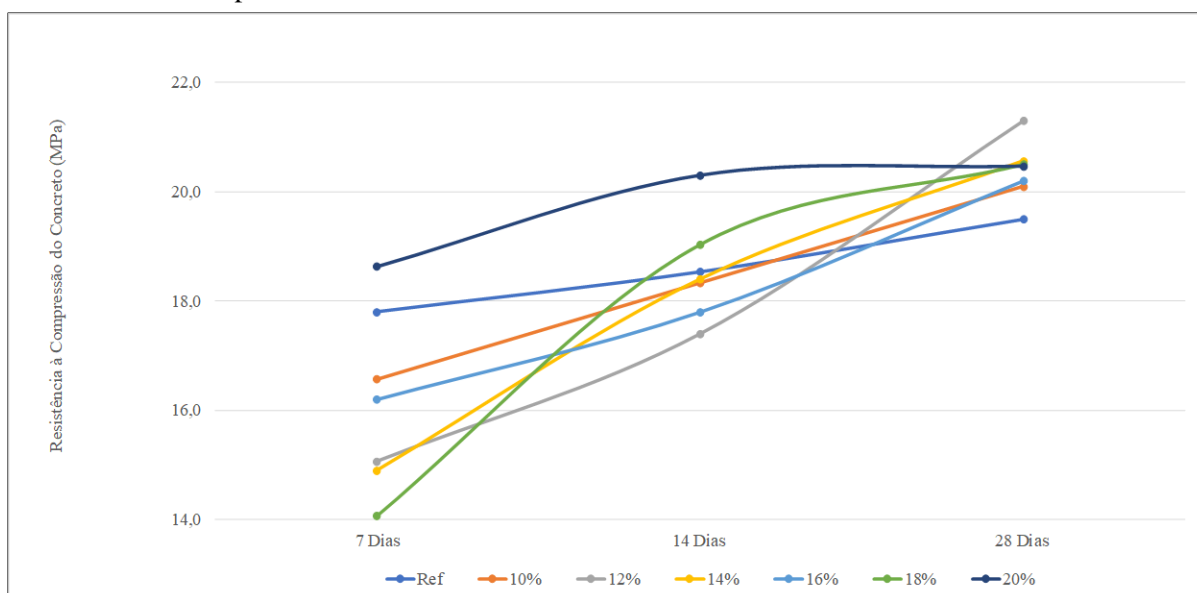
Tabela 2 - Resistência à compressão do concreto

Concreto	7 Dias (MPa)	14 Dias (MPa)	28 Dias (MPa)	Desv. Padrão (MPa)	Coef. Variação (%)
Ref.	17,80	18,50	19,50	0,90	4,59
10%	16,60	18,30	20,10	1,80	9,55
12%	15,40	17,40	21,30	3,00	16,64
14%	14,90	18,40	20,60	2,90	16,00
16%	16,20	17,80	20,20	2,00	11,14
18%	14,10	19,00	20,50	3,30	18,73
20%	18,60	20,30	20,50	1,00	5,27

Fonte: Dos próprios autores.

Os resultados obtidos de acordo com o Gráfico 1 são referentes aos diferentes teores de substituições e seus respectivos tempos de cura, a dosagem referência obteve o resultado esperado, mantendo o ganho de resistência relativo a seu tempo de cura, sendo que aos 28 dias alcançou 19,5 MPa, estando próximo ao objetivo inicial para o concreto, sendo estipulado em de 20 MPa. De acordo com o gráfico, o teor de substituição com 18% obteve um valor de resistência inicial à compressão para 7 dias de 14,1 MPa, valor relativamente baixo, quando comparado ao traço referência, porém com a substituição de 20%, obteve-se uma diferença de 0,8 MPa acima do esperado, já 14% ficaram em 2,9 MPa abaixo do valor referencial, a dosagem de 16% teve resultado de 16,4 MPa.

Gráfico 1 - Comportamento da resistência à compressão do concreto em função do teor de substituição de areia por CBCA.



Fonte: Dos próprios autores

Para os 14 dias, as substituições de 12% e 16% obtiveram resultados insatisfatórios sendo de 1,1 e 0,7 MPa abaixo do resultado encontrado no traço referência, já a dosagem com 20% de substituição alcançou 20,3 MPa, valor acima de referência, com baixo valor de desvio padrão e coeficiente de variação, a dosagem de 18% ficou em 0,5 MPa acima do referencial.

Aos 28 dias, idade em que o ganho de resistência começa a se estabilizar, considerando a cura por completa, todas as proporções de substituições ficaram acima do valor referência, ressaltando que o resultado com a substituição de 12% aos 28 dias obteve 21,3 MPa, sendo a dosagem mais resistente em relação ao valor referencial de 19,5 MPa.

5 CONCLUSÃO

Observou-se o comportamento e o potencial ganho em resistência durante o processo de cura, obtendo resultados na qual indica que o uso da dosagem agrega um valor significativo de resistência na substituição com teor de 12% e um ganho de resistência de, aproximadamente, 9% em relação ao traço referência e apresentando um desvio padrão de 3,0 MPa no qual permite a reprodução da dosagem com as mesmas características e qualidade e, dessa forma, o uso da cinza como substituto ao agregado miúdo poderá ser uma alternativa viável para o uso. Os demais resultados estão acima do teor referência e, dessa forma, todos apresentaram ganhos de resistência significativos variando de 3% a 5%, inferiores se comparados ao de 12% que se saiu melhor quando se comparado aos demais, ainda sim todos os teores acabam sendo usuais para poderem ser usados na construção civil.

Através dos dados obtidos nesta pesquisa, percebe-se que a utilização da CBCA na construção civil não apenas beneficia economicamente, mas também proporciona um ganho ambiental, pois é um material que é comumente utilizado de maneira incorreta na natureza, solucionando parte desse problema. Também se comprova que é um agregado relevante para ser usado no concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/36306/nbr5739-concreto-ensaio-de-compressao-de-corpos-de-prova-cilindricos>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto. Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5211/nbr6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <https://www.unaerp.br/documentos/2234-abnt-nbr-10004/file>.

BASTOS, S. R. B. **Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial à areia fina para produção de concretos convencionais**. 2002. 136 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil) -Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/84274/212200.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CABRAL, K. O. **Influência da areia artificial oriunda da britagem de rocha granito gnaisse nas propriedades do concreto convencional no estado fresco e endurecido**. 2007. 341 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tde/669>.

CONAB - Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar, v. 5, n.4, Safra 2018/19, Quarto levantamento, abril de 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>.

CORRÊA NETO, V; RAMON, D. **Análise de opções tecnológicas para projetos de cogeração no setor sucroalcooleiro**. Brasília: Setap., 2002. Disponível em: http://www.nuca.ie.ufrj.br/infosucro/biblioteca/bim_CorreaNeto_OpcoesCogeracao.pdf.

FAIRBAIRN, E. M. R. *et al.* Cement replacement by sugar cane bagasse ash: CO2 emissions reduction and potential for carbon credits. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p. 1864-1871, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147971000109X>.

FEDERAÇÃO das Indústrias São Paulo. Centro das Indústrias do Estado De São Paulo. **Ampliação da oferta de energia através da biomassa**. São Paulo: FIESP/CIESP, 2001. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=4505>.

FEDERAÇÃO das Indústrias São Paulo – FIESP. PIB da cadeia produtiva da construção fecha 2018 com retração de 4,2%, quinto ano consecutivo de queda. 13 mar. 2019. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/observatoriodaconstrucao/noticias/pib-da-cadeia-produtiva-da-construcao-fecha-2018-com-retracao-de-42-quinto-ano-consecutivo-de-queda/>.

JANK, M. S. **O despertar da bioeletricidade**. União da Indústria de cana-de-açúcar – ÚNICA; 2008. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/acom/75anosdaUSP/artigos_depoimentos/O%20despertar%20da%20bioeletricidade.pdf.

LEME, R. M. **Estimativa das emissões de poluentes atmosféricos e uso da água na produção de eletricidade com biomassa de cana-de-açúcar**. 125 f. 2005. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 22 mai. 2020. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1602369>.

MEHTA, P. K. MONTEIRO J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo, Pini, 1994.

SILVA, A. M. A. da; PONTILI, R. M. O papel da usina de açúcar e álcool Goioerê Ltda. como indústria motriz para o município de Moreira Sales - Paraná. *In: Encontro de Economia Paranaense*, 4., 2005, Toledo. **Anais...** Toledo: Unioeste, 2005. 1 CD-ROM. 12 mar. 2020.