

Produtos ecológicos para a Indústria da Construção Civil

Rafael Rodrigo Ferreira de Lima

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, Av Marechal Rondon s/n, São Cristóvão, 49100-000, Sergipe
e-mail: rafaelarielrodrigo@gmail.com

Resumo:

A Indústria da Construção Civil é um importante e necessário segmento industrial presente em todos os países e nas mais recônditas localidades, promovendo a viabilidade da vida humana nos mais diferentes ambientes. No entanto, é reconhecidamente uma indústria de alto impacto no meio ambiente, requerendo, conforme descrito nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ações para mitigar os efeitos deletérios dos seus processos produtivos. Dessa maneira, o fomento intersetorial entre a Indústria da Construção Civil e a Canavicultura pode gerar meios viáveis para a manutenção das atividades desses setores enquanto os produtos e processos são adequados às necessidades emergentes da Sustentabilidade. Neste artigo, objetiva-se, portanto, revisar as características físico-químicas do resíduo da cana-de-açúcar e suas possíveis aplicações na Indústria da Construção Civil de forma a contribuir para a elucidação clara e objetiva do atual estágio desse processo de inovação e servir de base para a continuidade da busca de produtos sustentáveis envolvendo a intersetorialidade entre a construção civil e a agricultura.

Palavras-chave: Produtos ecológicos; cana-de-açúcar; sustentabilidade

1. INTRODUÇÃO:

A Indústria da Construção Civil, frequentemente, é objeto de análise ambiental em virtude dos impactos causados ao meio ambiente decorrentes dos seus processos produtivos, seja em virtude de desperdícios, seja na aquisição, transporte e utilização de matérias-primas naturais [1][2][3]. Isso implica, por exigência da possibilidade de indisponibilidade de recursos naturais para a continuidade das atividades dessa indústria ou por exigência dos "stakeholders", em uma necessária mudança de perspectiva da construção civil na busca pela sustentabilidade, de forma a aliar as necessidades de preservação ambiental com a de crescimento do setor.

Com o estabelecimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, a Indústria da Construção Civil passa a compor o conjunto de atores cujas ações podem determinar a melhoria da qualidade e a continuidade da vida em diversos ecossistemas e a promover a inovação em seus processos e produtos. No contexto da efetivação das metas desses Objetivos de Desenvolvimento Sustentável recai sobre esse segmento industrial, portanto, o cuidado com os recursos hídricos, a construção de cidades sustentáveis e a inovação [2].

Entretanto, o atingimento dessas metas basilares não pode ser alcançado unicamente por meio de gestão endógena do setor da construção civil. A atividade intersetorial é fundamental para a garantia do atingimento das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

e, conseqüentemente, da sustentabilidade. Nesse aspecto, o setor agrícola pode contribuir significativamente por meio do fornecimento de matéria-prima para a fabricação de produtos ambientalmente adequados para a atividade da construção civil e alcançar, em contrapartida, suas próprias metas de sustentabilidade.

É nessa perspectiva que a aplicação de resíduo da canavicultura para a fabricação de diversos produtos utilizados pela Indústria da Construção Civil pode ser uma poderosa ferramenta para a promoção do uso racional e adequado dos recursos naturais, para a construção de edificações ecológicas, para a estruturação de cidades sustentáveis e para o desenvolvimento de um sistema de infraestrutura cada vez mais moderno e integrado, harmoniosamente, à paisagem. Além disso, favorece a reversão, a diminuição ou a interrupção dos impactos ambientalmente negativos provocados pelas atividades da construção civil e da canavicultura, simultaneamente.

Neste artigo, objetiva-se, portanto, revisar as características físico-químicas do resíduo sólido da cana-de-açúcar e suas possíveis aplicações na Indústria da Construção Civil de forma a contribuir para a elucidação clara e objetiva do atual estágio desse processo de inovação e servir de base para a continuidade da busca de produtos sustentáveis envolvendo a intersectorialidade entre a construção civil e a agricultura canavieira.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

2.1. A indústria da construção civil:

A Indústria da Construção Civil é responsável pela construção de edificações residenciais e industriais, nas zonas rural e urbana, e pela infraestrutura necessária ao convívio e desenvolvimento humano nas mais diversas localidades do planeta. Engloba, ainda, atividades de manutenção e demolição de edificações [4]. Esse segmento industrial, em 2021, possuía 147.389 empresas, que empregavam mais de 2,3 milhões de trabalhadores no Brasil, distribuídos entre celetistas e estatutários em todas as regiões geográficas [5][6].

No entanto, essa indústria é objeto de inúmeras críticas em virtude dos impactos gerados decorrentes de suas atividades, que influenciam negativamente o meio ambiente e conflitam com o atingimento das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável [2][7][8]. É um setor, não sem surpresa, que enfrenta o desafio de aliar os anseios pela preservação e conservação ambiental com o crescimento esperado, principalmente porque é um setor associado à degradação do solo, dos cursos d'água, da flora e da fauna; à poluição ambiental; à proliferação de vetores de doenças; à alta geração de resíduos sólidos e ao alto consumo de energia e matéria-prima virgem [3][9]. No que se refere ao consumo de recursos naturais para a efetivação das suas atividades, a Indústria da Construção Civil é responsável pelo consumo de até 50% de extração dos recursos naturais e produção de mais de 200 milhões de toneladas de agregados naturais para a produção de argamassa e concreto e ser o destino de mais da metade de toda a madeira retirada do meio ambiente [1].

Dessa maneira, a busca por uma indústria alinhada com os princípios da sustentabilidade é não apenas desejável, como também necessária para o contínuo desenvolvimento dos subsectores e das respectivas atividades da construção civil [2][10]. É na busca pela sustentabilidade dessa indústria que surgem as tentativas de incorporação de práticas ditas ecológicas com a finalidade de minimizar os impactos negativos provocados pelas atividades corriqueiras desse segmento industrial. Dentre essas alternativas, há o aproveitamento da água da chuva, o emprego de energia solar, o reaproveitamento de resíduos, o cimento ecológico, o tijolo ecológico (tijolo solo-cimento), a telha ecológica e o pavimento ecológico [1][11][12][13][14].

Nesse processo de desenvolver produtos ambientalmente corretos e economicamente viáveis, o aproveitamento de resíduos é uma ferramenta fundamental para agregar valor, baratear custos e promover a interação benéfica entre os diversos setores produtivos. É nesse contexto que a monocultura da cana-de-açúcar se torna uma aliada da Indústria da Construção Civil, ao participar desta indústria por meio de resíduos, foliares ou bagaçosos, empregados na fabricação de produtos úteis para as construções. Por outro lado, a Indústria Sucreenergética passa a contribuir, também, com a sustentabilidade ao reduzir a zero a quantidade de resíduos gerados, ainda que na forma de

cinzas, do seu processo produtivo, denotando uma sinergia poderosa entre duas indústrias altamente demandadas pela sociedade, seja no quesito de produtividade, seja no quesito de redução de impactos ambientais.

2.2. A monocultura da cana-de-açúcar:

A monocultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) está presente em 121 países, ocupando uma área aproximada de 24 milhões de hectares, e é responsável pelo fornecimento de coprodutos como o açúcar, o etanol e a bioeletricidade. É caracterizada por ser uma cultura semi perene adaptada para as áreas tropicais e subtropicais, cuja importância econômica a torna fundamental para a economia das localidades em que é cultivada [15][16][17][18][19].

Nesse contexto, o Brasil se destaca nesse tipo de produção, figurando entre o principal produtor de cana-de-açúcar global e, conseqüentemente, é líder na produção de açúcar e vice-líder na produção de etanol [19][20][21][22][23][24].

Na safra 2022/2023, o Brasil colheu uma área de 8.288.867 hectares, com a participação dos estados de São Paulo (50,04%), Goiás (11,54%), Minas Gerais (10,82%), Mato Grosso do Sul (7,67%), Paraná (5,73%), Alagoas (3,67%), Pernambuco (2,86%), Mato Grosso (2,11%), Paraíba (1,42%), Rio Grande do Norte (0,80%), Espírito Santo (0,57%), Sergipe (0,48%), Piauí (0,26%) e Pará (0,19%)[25].

Para essa mesma safra, o volume de açúcar exportado foi de 27,8 milhões de toneladas, cujo principal destino foi a China (14,44%) seguida da Argélia (6,95%), do Marrocos (6,30%), da Nigéria (5,95%) e de Bangladesh (4,60%). Já em relação ao etanol, o Brasil exportou, em relação à safra 2022/23, 1,78 bilhão de metros cúbicos, cujo principal destino foram os Países Baixos (31,04%) seguidos da Coreia do Sul (28,93%), dos Estados Unidos da América (17,23%) e do Reino Unido (3,80%) [25].

Portanto, é óbvio inferir que o volume de resíduos gerados no processo de produção da canavieira brasileira pode ser suficientemente empregado para a fabricação de produtos ecológicos que podem ser utilizados pela Indústria da Construção Civil, sem concorrer outras destinações possíveis e promovendo a intersectorialidade entre esses dois segmentos produtivos no longo caminho para a efetivação da eficiência dos processos produtivos e para sustentabilidade brasileira.

2.3. Caracterização química da cana-de-açúcar:

O resíduo da cana-de-açúcar foi caracterizado em alguns trabalhos utilizando espectroscopia de fluorescência de raios X, FRX, de forma a fornecer uma caracterização adequada desse subproduto agroindustrial e, conseqüentemente, suas propriedades e aplicabilidades. Conforme pode ser observado na Tab.1, considerando a técnica utilizada em cada trabalho, ao menos 14 elementos, na forma de óxidos, foram detectados e 1 elemento, Cl.

As cinzas possuem alto teor de SiO_2 em todas as análises realizadas, com teores variando entre o máximo de 96,2% [26][27] e o mínimo de 25,82% [28]. Pode-se verificar também que a composição química básica desse tipo de resíduo é formada pelos elementos Si, Al, Fe, K, Na, Mg, Ca, P, S e Ti. Outros elementos podem ser detectados em decorrência das características pedológicas e do trato cultural da cana-de-açúcar, que podem variar entre os locais de cultivo e as técnicas de manejo.

Em relação ao potencial hidrogeniônico (pH), à condutividade elétrica, à matéria orgânica e à capacidade de troca catiônica, conforme a Tab.2, o resíduo da cana-de-açúcar apresentou um pH ácido; alto volume de matéria orgânica, como é esperado que ocorra para o resíduo "in natura"; apresentou menor presença de nitrogênio e relativa capacidade de troca catiônica, o que pode ser considerado um parâmetro necessário para a fertilidade do solo e, portanto, sua aplicabilidade em alguns ramos de reaproveitamento [54].

O resíduo da cana-de-açúcar foi estudado, na forma de cinza, para aplicabilidade na indústria da construção civil em diferentes produtos, como pode ser verificado na Tab.3. Concretos, argamassas, tijolos, em diferentes formas de fabricação e economia de energia, aglomerante e produto para pavimentação são alguns dos produtos que podem ser aplicados nas construções visando a sustentabilidade. Além disso, é importante destacar que, no processo de reaproveitamento, as cinzas podem ser obtidas diretamente nas usinas produtoras de açúcar e álcool após todos os seus processos produtivos, evitando assim a aplicação de energia para a transformação dos resíduos em cinzas.

Tabela 1. Caracterização química do resíduo da cana-de-açúcar em % (por FRX)

Ref.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	MnO	CaO	Cl	V ₂ O ₅	ZrO ₂	ZnO	P ₂ O ₅	SO ₃	TiO ₂
[29]	56,4	14,6	5,0	3,3	1,6	1,4	0,2	2,4	-	-	-	-	0,9	-	1,0
[30]	73	6,7	6,3	2,4	1,1	3,2	-	2,8	-	-	-	-	4,0	-	-
[31]	60,0	6,3	3,1	1,9	0,4	1,8	0,1	1,6	-	-	-	-	0,8	-	0,4
[32]	87,4	3,6	5,0	0,5	0,2	0,7	-	2,6	-	-	-	-	-	0,1	-
[33]	59,7	23,1	6,6	-	0,4	0,6	-	2,1	<0,1	-	-	-	-	0,1	-
[34]	68,4	1,4	1,2	5,0	1,6	8,5	<0,1	2,7	1,7	-	-	-	5,2	1,8	0,1
[35]	88,0	1,8	2,7	0,3	0,3	0,7	-	2,7	-	-	-	-	-	0,2	-
[36]	60,2	14,4	6,92	5,3	0,3	1,5	0,2	4,2	-	<0,1	0,3	<0,1	3,6	1,3	1,5
[37]	62,7	5,2	5,2	13,9	0,6	2,2	-	4,9	-	-	-	-	3,4	0,3	0,6
[38]	63,6	2,5	6,6	4,0	1,0	6,9	0,1	7,2	1,8	-	0,1	<0,1	0,9	4,4	0,6
	84,9	1,9	3,8	1,4	0,5	2,5	0,2	3,0	-	-	0,1	<0,1	0,4	0,4	0,8
[39]	61,0	9,2	5,0	7,0	-	2,8	0,3	4,4	0,6	-	-	-	2,3	3,9	1,3
[28]	57,4	4,3	21,8	4,1	-	1,0	0,4	2,0	0,5	0,7	0,1	-	1,1	0,3	6,4
	25,8	10,6	47,9	4,12	-	0,7	0,7	1,5	0,2	-	0,1	0,1	0,8	-	7,2
[40]	83,7	-	6,5	6,1	-	-	0,1	1,2	-	<0,1	0,3	<0,1	-	0,7	1,2
[41]	48,2	7,8	1,5	20,6	-	7,0	0,1	7,1	-	-	0,1	<0,1	4,11	3,4	-
	47,6	9,7	1,5	20,3	-	6,7	0,1	5,8	-	-	0,1	<0,1	4,5	3,1	0,5
	50,0	8,3	2,0	14,8	-	5,5	0,2	5,9	-	-	<0,1	<0,1	2,5	5,5	0,6
[42]	78,3	8,6	3,6	3,5	0,1	-	-	2,2	-	-	-	-	1,1	-	-
[27]	96,2	1,9	-	0,3	-	<0,1	-	0,1	-	-	-	-	0,1	0,1	-
[26]	88,2	7,4	-	1,4	-	0,4	-	0,6	-	-	-	-	0,4	<0,1	-
	96,2	1,9	-	0,3	-	<0,1	-	0,1	-	-	-	-	0,1	0,1	-
	62,7	13,3	-	1,9	-	0,6	-	0,9	-	-	-	-	0,7	0,2	-
	93,5	3,8	-	0,8	-	0,3	-	0,4	-	-	-	-	0,2	<0,1	-
[43]	77,5	4,7	3,8	5,4	-	-	0,3	2,3	-	-	0,1	-	2,3	-	0,3
[44]	47,5	3,3	9	1,8	-	0,3	0,2	1,7	-	-	-	-	0,5	0,1	1,8
[45]	61,6	5,9	7,4	6,2	-	-	0,1	5,0	-	0,1	0,2	0,1	-	0,4	2,5
[46]	89,2	2,2	1,7	2,3	-	0,3	-	0,7	-	-	-	-	0,7	-	0,3
[47]	44,3	8,7	3,4	-	-	0,8	-	9,6	-	-	-	-	-	0,4	-
[48]	53,6	1,4	1,2	7,1	-	5,7	-	5,9	-	-	-	-	4,9	0,5	-
[49]	56,4	2,0	1,1	1,6	0,6	0,8	-	0,9	-	-	-	-	-	0,1	-
[50]	26,7	3,7	13,5	15,3	-	2,9	-	19,8	-	-	-	-	-	6,1	1,2
[51]	61,0	0,1	0,1	9,0	0,7	8,7	0,5	6,0	-	-	-	-	8,3	-	-
[52]	57,4	4,3	21,8	4,1	-	1,0	0,4	2,0	0,5	0,7	0,1	-	1,1	0,3	6,4
[53]	48,5	6,4	12,2	6,4	-	3,1	-	4,4	0,3	-	0,2	0,2	1,9	2,3	-

Tabela 2. Características do resíduo da cana-de-açúcar [54]

pH	Condutividade elétrica (μS)	Matéria orgânica (g dm ⁻³)	Nitrogênio total (g kg ⁻¹)	Capacidade de troca catiônica (mmol kg ⁻¹)
6,10	266,48	925,92	2,32	112,39

Tabela 3. Aplicabilidade do resíduo da cana-de-açúcar na Construção Civil

Produto	Forma utilizada	Local de coleta do resíduo	% aplicação	Propriedades estudadas	Ref.
Concreto estrutural	Cinza	Dracena, SP	10-40	Resistência de ruptura à compressão; Consistência e Absorção de água	[55]
Concreto	Cinza	Noroeste de São Paulo	20	Resistência à compressão, Resistência à tração, Resistência à ataque químico, Absorção por capilaridade, Penetração de cloretos e Abrasão	[47]
Concreto	Cinza	Maringá, PR	13	Resistência à compressão, Consistência (Slump test)	[56]
Concreto	Cinza	São Carlos, SP	20-50	Resistência à compressão, Retração por secagem	[26]
Concreto	Cinza	São Carlos, SP	30-50	Resistência à compressão, Absorção de água, Índice de Vazios e massa específica	[27]
Concreto	Cinza	São João da Barra, RJ	20	Resistência à compressão e Reologia	[42]
Concreto	Cinza	Pureza, RN	30	Resistência à compressão, Absorção de água, Índice de vazios e porosidade total	[41]
Concreto	Cinza	Mato Grosso do Sul	5	Resistência à compressão	[57]
Concreto auto adensável	Cinza	-	10	Resistência à compressão, Reologia	[58]
Concreto auto adensável	Cinza	Maringá, PR	40	Resistência à compressão, Viscosidade, Espalhamento	[59]
Concreto asfáltico	Cinza	-	70	Resistência à tração	[60]
Concreto seco	Cinza	Lagoa da Itaenga, PE	50 (agregado); 30 (cimento)	Resistência à compressão	[49]
Argamassa cimentícia	Cinza	Areia, PB	5-15	Resistência à compressão, Índice de atividade pozolânica	[48]
Argamassa mista	Cinza	Região Sul, Brasil	10 (substitui areia) 7,5 (substitui cimento)	Resistência à tração na flexão, Resistência à compressão, Módulo de elasticidade, Absorção de água	[28]
Argamassa cimentícia	Cinza	Urucânia, MG	20	Resistência à compressão	[40]
Argamassa cimentícia	Cinza	Catanduva, SP	10	Resistência à compressão	[61]
Argamassa	Cinza	Região Metropolitana de Recife, PE	5, 8 e 15	Resistência à compressão, Resistência à tração	[38]
Argamassa	Cinza	Igarassu, PE	25	Expansibilidade, Massa específica aparente	[36]
Concreto	Cinza	Michoacán, México	-	Resistência à compressão, Resistividade Elétrica,	[31]
Argamassa mista de revestimento	Cinza	Maringá, PR	5	Resistência à compressão, Resistência à tração por compressão diametral, Módulo de deformação estática, Absorção de água por capilaridade e por imersão, Fissuração	[62]
Aglomerante	Cinza	Porto Xavier, RS	-	Reatividade pozolânica	[63]
Tijolo maciço	Cinza	Mamanguape, PB	2	Resistência à compressão, Absorção de água e perda de massa	[50]
Tijolo furado	Cinza	Campos dos Goytacazes, RJ	10	Resistência à compressão, Absorção de água, Retração linear, massa específica aparente, Porosidade aparente	[45]
Tijolo	Cinza	Paquistão	5	Resistência à compressão, Absorção de Água, Módulo de ruptura e Porosidade Aparente	[35]
Tijolo	Cinza	Parit Raja, Johor	20	Resistência à compressão, Absorção de água	[64]
Tijolo	Cinza	Beni-Suef, Egito	5	Resistência à compressão, Resistência à Flexão, Porosidade Aparente, Absorção de água, Eflorescência e Densidade Aparente	[34]
Tijolo	Cinza	Catamayo, Equador	8	Resistência à compressão, Resistência à abrasão, Absorção de água	[65]
Tijolo	Cinza	Índia	15	Resistência à compressão, Absorção de água	[32]
Tijolo	Cinza	Kakamega, Quênia	10	Resistência à compressão, Padrão de falha	[30]
Tijolo	Cinza	Veracruz, México	<40	Resistência à compressão, Módulo de ruptura, Retração de queima, Absorção de água, Porosidade aparente e Plasticidade.	[29]
Tijolo solo cimento	Cinza	-	10	Resistência à compressão, Porosidade Aparente, Absorção de Água, Eflorescência e Módulo de Ruptura	[66]
Tijolo de concreto	Cinza	Indonésia	24	Resistência à compressão	[67]
Tijolo solo-cimento	Cinza	Carmo do Rio Verde, GO	20	Resistência à compressão, Absorção à água	[68]
Tijolo solo-cimento	Cinza	Maringá, PR	10	Resistência à compressão, Absorção de água	[69]
Tijolo solo-cimento	Cinza	-	14,29	Resistência à compressão, Absorção de água	[44]
Tijolo solo-cimento	Cinza	Anápolis, GO	6-10	Resistência à compressão, Absorção de água	[70]
Tijolo solo-cimento	Cinza	Costa Rica, MS	7,14	Resistência à compressão, Absorção de água	[71]
Tijolo solo-cimento	Cinza	-	-	Resistência à compressão e Absorção de água	[72]

Tabela 3. Continuação..

Produto	Forma utilizada	Local de coleta do resíduo	% aplicação	Propriedades estudadas	Ref.
Tijolo solo-cimento	Cinza	Odisha, Índia	20 e 35	Resistência à compressão	[33]
Pozolana	Cinza	São João da Barra, RJ	35	Resistência à compressão, Índice de atividade pozolânica	[51]
Pasta compósita com Cal hidratada	Cinza	Santo Antônio do Leverger, MT	5-15	Termogravimetria, Termogravimetria derivativa e calorimetria isotérmica	[53]
Compósito de fibrocimento	Cinza	Pirassununga, SP e Piracicaba, SP	20	Absorção de água, Porosidade aparente, Massa específica aparente, Módulo de ruptura, Módulo de elasticidade, Limite de proporcionalidade	[39]
Pavimentação	Cinza	Santa Luzia D'Oeste, RO	50	Liquidez e Plasticidade	[73]
Pavimentação	Cinza	Maringá, PR	2,5% (cinza leve por cimento); 25% (cinza pesada por agregado miúdo)	Resistência à compressão, Resistência à abrasão, Absorção de água	[74]
Pavimentação (pavers)	Cinza	Maringá, PR	25	Estimativa de emissão de CO2	[75]
Pavimentação (pavers)	Cinza	Maringá, PR	25	Resistência à compressão, Resistência à Abrasão, Absorção de Água,	[76]
Pavimentação (pavers)	Cinza	Maringá, PR	5	Resistência à compressão, Absorção de Água	[77]
Não definido	Cinza	Campos dos Goytacazes, RJ	20	Resistência à compressão, Densidade do corpo e Absorção de água	[43]
Não definido	Cinza	Santa Bárbara D'Oeste, SP	20	Resistência à compressão, Absorção de água	[78]
Não definido	Cinza	Coatepec, México	25 e 50	Resistência à compressão, Resistência à penetração (CBR)	[37]

Assim como descrito nas características de cultivo da cana-de-açúcar, verifica-se, na Tab.3, que os locais de origem e/ou estudo do bagaço da cana-de-açúcar são regiões tropicais e subtropicais como Brasil, Quênia, México, Índia, Indonésia, Egito, Paquistão e Equador, onde, obviamente, se cultiva essa cultura. Ao aliar objetivos sustentáveis conjuntos entre a Indústria da Construção Civil e a Indústria Sucoenergética nessas áreas abre-se caminho não apenas para a eficiência dos processos produtivos como também mudanças culturais, tanto para os elos das cadeias produtivas quanto para os consumidores finais, onde toda a sociedade, local, regional e global, pode usufruir dos benefícios dessa relação ganha-ganha entre esses setores industriais.

No que se refere apenas à Indústria da Construção Civil, os produtos prospectados pela academia podem ser aplicados e melhorados para atender as necessidades dos clientes e consumidores de forma a fomentar a sustentabilidade entre os segmentos produtivos e a sociedade, à semelhança do que pode ser observado em relação à Indústria do Vidro [79] e à Indústria Cerâmica [80].

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A importância econômica dos setores da construção civil e da canavieira podem encontrar um denominador comum no processo de melhoria do desempenho produtivo e no alcance da sustentabilidade. A pesquisa científica é uma ferramenta poderosa nesse processo capaz de fornecer os subsídios necessários para a mudança estrutural nos processos produtivos desses setores.

O resíduo da cana-de-açúcar, sob a forma de cinza, pode ser aplicado para a fabricação de produtos como concretos, tijolos e argamassas, capazes de tornar as cidades mais sustentáveis à medida que se mantém ou se expande a produção canavieira e as áreas urbanas. Embora fatores sociais possam ser deliberados no futuro no que concerne à essa expansão setorial, é inequívoco que a incorporação desse resíduo em produtos úteis à Construção Civil agrega valor a ambos os setores e propicia a implementação de valor ao conceito de cidades sustentáveis.

A Indústria da Construção Civil, frente às alegações de promover altos impactos negativos ao meio ambiente e à ameaça de escassez de recursos naturais, pode perseguir a otimização dos seus processos por meio desse tipo de integração intersetorial, cujos benefícios poderão ser sentidos pela

própria indústria e por toda a sociedade à medida que os impactos deletérios ao meio ambiente são reduzidos ou eliminados do processo produtivo. Em relação à canavicultura, há a possibilidade de eliminar completamente os resíduos gerados, de forma eficaz e ambientalmente correta.

REFERÊNCIAS:

- [1] Laruccia M M, 2014. Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil. *Revista Eniac Pesquisa* 3, 1, 69–84. <https://doi.org/10.22567/rep.v3i1.124>
- [2] Freitas G S, 2023. Agenda 2030: O desafio para a indústria da construção civil referente ao seu resíduo. *Revista Geociências-UNG-Ser* 22, 1, 5-14. <http://dx.doi.org/10.33947/1981-741X-v22n1-5131>
- [3] Pinto C, Silva S, 2023. Análise do gerenciamento de resíduos da construção civil na cidade de Manaus, sob a perspectiva da sustentabilidade. *Peer Review* 5, 12, 223–243. <https://doi.org/10.53660/549.prw2011>
- [4] Portal da Indústria. Indústria da construção civil. <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-da-construcao>
- [5] IBGE, 2024. Pesquisa anual da indústria da construção. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html?=&t=series-historicas>
- [6] Brasil, 2024. Programa de disseminação das estatísticas do trabalho. Relação anual de informações sociais. Ministério do Trabalho e Emprego. pdet.mte.gov.br/rais
- [7] Gasques A C, 2015. Impactos ambientais dos materiais da construção civil: Breve revisão teórica. *Revista Tecnológica* 23, 1, 13-24. <https://doi.org/10.4025/revtecnol.v23i1.23375>
- [8] Souza G A A, Junior J C M, Santos M L V, Mendonça R S, Faria T D F C, Marques M R, 2015. Arquitetura de terra: Alternativa sustentável para os impactos ambientais causados pela construção civil. *e-exacta* 8, 1, 1-13. <http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v8i1.1331>
- [9] Ferreira L M A S, Durante L C, Pina P F S, Callejas I J A, 2023. Práticas de environmental, social and governance (ESG) na indústria da construção civil. Uma revisão sistemática de literatura. *Cadernos de Prospecção* 16, 4, 1040–1056. <https://doi.org/10.9771/cp.v16i4.50498>
- [10] Barbisan A O, Spadotto A, Dalla Nora D, Lopes Turella E C, Wergenes T N, 2012. Impactos ambientais causados pela construção civil. *Unoesc & Ciência ACSA* 2, 2, 173–180.
- [11] Marinho A A, Santo J O, Batista O H S, Souza J K S, Lima C T, Santos J R, 2014. Resíduos da indústria da construção civil e o seu processo de reciclagem para a minimização dos impactos ambientais. *Caderno De Graduação Ciências Exatas e Tecnológicas UNIT* 1, 1, 73–84.
- [12] Gomes C P, Leite G U, Sena R W R, Andrade E M G, 2021. Impacto ambiental e gerenciamento de resíduos sólidos advindos da construção civil no Brasil: Uma revisão de literatura. *Revista de Psicologia* 15, 55, 729-742. <https://doi.org/10.14295/online.v15i55.3108>
- [13] Ucker F E, Matias R K, Carneiro T R A, Kemerich P D C, 2023. Telha ecológica de laminado como produto comercial proveniente da reciclagem do resíduo industrial. *Cuadernos de Educación y Desarrollo* 15, 11, 14654-14665. <https://doi.org/10.55905/cuadv15n11-091>
- [14] Ribeiro M P, Sigoli S C R, 2023. Bioconstrução: Desenvolvimento de um projeto de casa ecológica. *Revista Científca@ Universitas* 10, 1, 111-128. <https://doi.org/10.29327/227610>
- [15] Lima R R F, Sousa I F, Teixeira A H C, Villwock A P S, 2024. Socio-environmental overview of the main sugarcane producing municipalities in Sergipe between the years of 2001 and 2022. *Revista de Gestão Social e Ambiental* 18, 3, e04787. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n3-070>
- [16] Resende R S, Nascimento T, Carvalho T B D, Amorim J R, Rodrigues L, 2021. Reducing sugarcane irrigation demand through planting date adjustment in Alagoas State, Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 25, 2, 75-81. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n2p75-81>
- [17] Wang Q, Zhou G, Huang X, Song J, Xie D, Chen L, 2022. Experimental research on the effect of sugarcane stalk lifting height on the cutting breakage mechanism based on the sugarcane lifting-cutting system (SLS). *Agriculture* 12, 12, 2078. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122078>
- [18] Oliveira M P D, Cardoso P H, Oliveira R P D, Barbosa Júnior M R, Silva R P, 2023. Mapping gaps in sugarcane fields using UAV-RTK platform. *Agriculture* 13, 6, 1241. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061241>
- [19] Gallan D Z, Penteriche A B, Henrique M O, Silva-Filho M C, 2022. Sugarcane multitrophic interactions: Integrating belowground and aboveground organisms. *Genetics and Molecular Biology* 46. <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2022-0163>
- [20] Cunha A M, Shikida P F A, Lages A M G, 2023. Evolução da agroindústria canavieira no Brasil: Da colônia a 2022. *Revista Economia Política do Desenvolvimento* 14, 32, 19-46. <https://doi.org/10.28998/2594-598X.2023v14n32p19-46>
- [21] El Chami D, Daccache A, El Moujabber M, 2020. What are the impacts of sugarcane production on ecosystem services and human well-being? A review. *Annals of Agricultural Sciences* 65, 2, 188-199. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2020.10.001>
- [22] Iwozor K O, Adeniyi A G, Emenike E C, Ojeyemi T, Egbemhenghe A U, Okorie C J, Ayoku B D, Saliu O D, 2023. Prospects and challenges of utilizing sugarcane bagasse as a bio-coagulant precursor for water treatment. *Biotechnology Reports* 39, e00805. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2023.e00805>
- [23] Pimenta R J G, Aono A H, Burbano R C V, da Silva M F, dos Anjos I A, de Andrade Landell M G, Gonçalves M C, Pinto L R, Souza A P, 2023. Multiomic investigation of sugarcane mosaic virus resistance in sugarcane. *The Crop Journal* 11, 6, 1805-1815. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2023.06.009>

- [24] Wani A K, Rahayu F, Fauziah L, Suhara C, 2023. Advances in safe processing of sugarcane and bagasse for the generation of biofuels and bioactive compounds. *Journal of Agriculture and Food Research* 12, 100549. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100549>
- [25] Safra, 2024. Observatório da cana e bioenergia. <https://unicadata.com.br>
- [26] Lima S A et al, 2009. Análise de argamassas confeccionadas com a cinza do bagaço da cana de açúcar em substituição ao agregado miúdo. *Revista Tecnológica ENTECA* 2009, 87-97.
- [27] Lima S A, Sales A, Moretti J P, Santos T D, 2009. Análise de argamassas confeccionadas com a cinza do bagaço da cana de açúcar em substituição ao agregado miúdo. *Revista Tecnológica, ENTECA* 87-97. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000200014>
- [28] Castro T R D, Martins C H, 2016. Avaliação da adição de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em argamassas mistas. *Ambiente Construído* 16, 137-151. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000300097>
- [29] Jiménez-Quero V, Maza-Ignacio O T, Guerrero-Paz J, Campos-Venegas K, 2017. Industrial wastes as alternative raw materials to produce eco-friendly fired bricks. *Journal of Physics: Conference Series* 792, 1, 012065. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/792/1/012065>
- [30] Salim R W, Ndambuki J M, Adedokun D A, 2014. Improving the bearing strength of sandy loam soil compressed earth block bricks using sugarcane bagasse ash. *Sustainability* 6, 6, 3686-3696. <https://doi.org/10.3390/su6063686>
- [31] Martinez-Molina W, Chavez-Garcia H L, Perez-Lopez T, Alonso-Guzman E M, Arreola-Sanchez M, Navarrete-Seras M A, Borrego-Perez J A, Sanchez-Calvillo A, Gusman-Torres J A, Perez-Quiroz J T, 2021. Effect of the addition of agribusiness and industrial wastes as a partial substitution of portland cement for the carbonation of mortars. *Materials* 14, 23, 7276. <https://doi.org/10.3390/ma14237276>
- [32] Rose E T A, Maguesvari M U, Yugasini S, Muthaiyan P, 2021. Eco bricks from industrial wastes such as tannery sludge and sugarcane bagasse ash. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1126, 1, 012076. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1126/1/012076>
- [33] Priyadarshini M, Giri J P, Patnaik M, 2021. Variability in the compressive strength of non-conventional bricks containing agro and industrial waste. *Case Studies in Construction Materials* 14, e00506. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00506>
- [34] Heniegal A M, Ramadan M A, Naguib A, Agwa I S, 2020. Study on properties of clay brick incorporating sludge of water treatment plant and agriculture waste. *Case Studies in Construction Materials* 13, e00397. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00397>
- [35] Saleem M A, Kazmi S M S, Abbas S, 2017. Clay bricks prepared with sugarcane bagasse and rice husk ash. A sustainable solution. *MATEC Web of Conferences* 120, 03001. <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/201712001>
- [36] Silva Macedo J V, Lyra B I, Monteiro E C B, Costa A J, Oliveira Andrade T W C, 2021. Avaliação da influência da adição da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na mitigação da reação álcali-agregado. *Brazilian Journal of Development* 7, 3, 27002-27020. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n3-416>
- [37] Ojeda-Farías O, Mendoza-Rangel J M, Baltazar-Zamora M A, 2018. Influence of sugar cane bagasse ash inclusion on compacting, CBR and unconfined compressive strength of a subgrade granular material. *ALCONPAT* 8, 2, 194-208. <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v8i2.282>
- [38] Berenguer R A, Nogueira Silva F A, Marden Torres S, Barreto Monteiro E C, Helene P, Melo Neto A A, 2018. On the influence of sugarcane bagasse ashes as a partial replacement of cement in compressive strength of mortars. *ALCONPAT* 8, 1, 30-37. <https://doi.org/10.21041/ra.v8i1.187>
- [39] Rodrigues M S, Beraldo A L, Savastano Jr H, Santos S F, 2013. Cinza de palha de cana-de-açúcar como adição mineral em fibrocimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17, 1347-1354. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001200014>
- [40] Paula M O, Tinôco I D F F, Souza Rodrigues C, Silva E N, Fátima Souza C, 2009. Avaliação da atividade pozolânica da cinza do bagaço de cana-de-açúcar. *Revista Engenharia na Agricultura REVENG* 17, 1. <http://dx.doi.org/10.13083/reveng.v17i1.89>
- [41] Sampaio Z L M, Souza P A B F, Gouveia B G, 2014. Análise da influência das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar no comportamento mecânico de concretos. *Revista IBRACON* 7, 626-647. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952014000400006>
- [42] Cordeiro G C, Toledo Filho R D, Fairbairn E D M R, 2010. Cinza ultrafina do bagaço de cana-de-açúcar: material pozolânico de alto potencial para países tropicais. *Revista IBRACON* 3, 50-67. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952010000100004>
- [43] Borlini M C, Mendonça J L C D C, Vieira C M F, Monteiro S N, 2006. Influência da temperatura de sinterização nas propriedades físicas, mecânicas e microestruturais de cerâmica vermelha incorporada com cinza de bagaço de cana de açúcar. *Matéria* 11, 433-441. <https://doi.org/10.1590/S1517-70762006000400010>
- [44] Barcelos S T V, 2022. Caracterização e viabilidade técnica de aplicação de tijolos ecológicos em habitações populares: uma contribuição à sustentabilidade ambiental. *Environmental Scientiae* 4, 1, 37-48. <http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6492.2022.001.0003>
- [45] Faria K C P, Gurgel R F, Holanda J N F, 2012. Influência da adição de resíduo de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar nas propriedades tecnológicas de cerâmica vermelha. *Matéria* 17, 1054-1060.
- [46] Silva E J, Basto P E A, Araújo F W C, Miranda L F R, Melo Neto A A, 2019. Avaliação por análise de DRX da influência do beneficiamento de moagem na atividade pozolânica da cinza do bagaço de cana-de-açúcar. *Matéria* 24, 4. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-707620190004.0822>
- [47] Fernandes S E, Tashima M M, Moraes J C B D, Istuque D B, Fioriti C F, Melges J L P, Akasaki J L, 2015. Cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como adição mineral em concretos para verificação de sua durabilidade. *Matéria* 20, 909-923. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620150004.0096>
- [48] Pontes I C, Campos L F A, Dutra R P S, 2022. Efeitos da adição de cinza de bagaço de cana-de-açúcar nas propriedades de argamassas cimentícias. *Cerâmica Industrial* 27, 1, 1-8. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2022.006>
- [49] Feitosa C J D, Lima V M E, Silva J K F, Matias A V, Estolano A M L, Melo Neto A A, 2022. Caracterização e aplicação da cinza do bagaço da cana-de-açúcar em misturas de concreto seco. *Revista Principia IFPB* 60, 3, 1021-1036. <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6535>

- [50] Duarte J B, Ramos Filho R E B, Fonseca N, Dias L N, SILVA V, Acchar W, 2022. Adição conjunta do resíduo de cerâmica vermelha e da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na produção de tijolos ecológicos. *Revista Principia* 59, 4, 1118-1136. <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5528>
- [51] Cordeiro G C, Toledo Filho R D, Fairbairn E D M R, 2009. Caracterização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar para emprego como pozolana em materiais cimentícios. *Química Nova* 32, 82-86. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000100016>
- [52] Castro T R D, Martins C H, 2016. Caracterização das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar como material alternativo para redução de impactos ambientais. *MIX Sustentável* 2, 1, 12-19.
- [53] Rodrigues B L, Junior A N, 2018. Análise térmica de pastas a base de cal hidratada com utilização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar. *E&S Engineering and Science* 7, 4, 39-48. <https://doi.org/10.18607/ES201877116>
- [54] Souza J G, Alves M R, 2022. Caracterização química de biocarvões produzidos a partir de biossólido e bagaço de cana-de-açúcar. *Colloquium Exactarum* 14, 1, 154-163.
- [55] Braga L S A, Santos M V B P, Altran D A, Figueiredo F B, 2018. Análise das propriedades do concreto estrutural utilizando a cinza pesada do bagaço da cana-de-açúcar. *Colloquium Exactarum* 9, 2, 01-14.
- [56] Nunes I H S, Vanderlei R D, Secchi M, Abe M A P, 2008. Estudo das características físicas e químicas da cinza do bagaço de cana-de-açúcar para uso na construção. *Revista Tecnológica* 17, 1, 39-48.
- [57] Teodoro P E, Ferreira M H Q, Charbel D D S, Neivock M P, Formagini S, 2013. Comportamento físico-mecânico do concreto com substituição de cimento Portland por cinzas de bagaço de cana-de-açúcar. *REEC Revista Eletrônica de Engenharia Civil* 6, 2.
- [58] Vanderlei R D, Nagano M F, Peinado H S, Baptista T T A, Yassine A J N, 2014. Desenvolvimento de pastas e argamassas contendo cinza do bagaço da cana-de-açúcar para obtenção de concreto auto adensável. *Revista Tecnológica* 153-161. <https://doi.org/10.4025/revtecnol.v0i0.27111>
- [59] Santos V, Vanderlei R, Moraes K, Rosina E, Balbino G, 2019. Estudo do comportamento da argamassa auto adensável com cinza do bagaço de cana-de-açúcar no estado fresco e endurecido. *Revista IBRACON* 12, 179-198. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952019000100012>
- [60] Leal C L D, Ferreira P, 2007. Aproveitamento da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como filler em concreto asfáltico. *Revista Vértices* 9, 1/3, 9-20. <https://doi.org/10.5935/1809-2667.20070001>
- [61] Delalibera R G, Sarmiento A P, Lopes B C, de Brito A F S, 2014. Análise da viabilidade da utilização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar como substituição parcial do cimento Portland. *REEC Revista Eletrônica de Engenharia Civil* 9, 3. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v9i3.32023>
- [62] Canova J A, Miotto J L, De Mori L M, 2015. Avaliação de argamassa mista de revestimento com substituição da areia natural por cinza de bagaço de cana-de-açúcar. *Ciência & Engenharia* 24, 1, 125-134.
- [63] Cruz M A D, Casanova R F, Boscardin D, Zanchet A, 2022. Análise da viabilidade do uso de resíduos de cana-de-açúcar para produção de aglomerantes sustentáveis. *Matéria* 26, e13113. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210004.1313>
- [64] Ali N, Zainal N A, Burhanudin M K, Samad A A A, Mohamad N, Shahidan S, Abdullah S R, 2016. Physical and mechanical properties of compressed earth brick (CEB) containing sugarcane bagasse ash. *MATEC Web of Conferences* 47, 01018. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20164701018>
- [65] Galarza-Viera J L, Hernández-Olivares F, Arcones-Pascual G, 2021. Estabilización de bloques de tierra comprimida (BTC) por adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) y óxido de calcio recuperado de conchas marinas. *Anales de Edificación* 7, 1, 30-40. <https://doi.org/10.20868/ade.2021.4768>
- [66] Abbas S, Baig A, Hameed R, Kazmi S M S, Munir M J, Shaukat S, 2023. Manufacturing of clay bricks using hybrid waste marble powder and sugarcane bagasse ash: A sustainable building unit. *Sustainability* 15, 20, 14692. <https://doi.org/10.3390/su152014692>
- [67] Muharja M, Darmayanti R F, Widjaja A, Manurung Y H, Alamsah I, Fadilah S N, 2022. Optimization of sugarcane bagasse ash utilization for concrete bricks production using Plackett-Burman and central composite design. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan* 6, 1, 62-75. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v6i1.282>
- [68] Moura E M D, Sales J N B D, Nascimento N C D, Sousa V M Z D, Silva D D C, Libera Junior V D, 2021. Caracterização e uso da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em tijolos de solo-cimento. *Ambiente Construído* 21, 69-80. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000100494>
- [69] Ferrari V J, Souza Á H C D, Baltazar H P, Dotto W, Vieira Neto J G, 2014. Tijolos vazados de solo-cimento produzidos com solo da Região do Arenito Caiuá do Paraná. *Ambiente Construído* 14, 131-148. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000300011>
- [70] Silva M R, Amaral R B S, Adorno A L C, do Espírito Santo K N A, 2020. Estudo experimental das cinzas do bagaço da cana-de-açúcar com cavaco de eucalipto na fabricação do tijolo de solo-cimento. *RECIEC Revista Científica de Engenharia Civil* 3, 01, 39-56.
- [71] Araújo V D O, Martins V A, Cavalheri P S, Honório L, Lima P D M, Magalhães Filho F J C, 2022. Incorporation of tannery waste and sugarcane bagasse ash in soil-cement bricks. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*. 15, 1, 154-171. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.1.77053>
- [72] Jordan R A, Costa M V D, Martins E A, Rosa M A, Petruski A, 2019. Manufacture of soil-cement bricks with the addition of sugarcane bagasse ash. *Engenharia Agrícola* 39, 26-31. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n1p26-31/2019>
- [73] Silva A C A, Moraes T J, Machado L F M, 2020. Proposta para adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar como material pozolânico em pavimentações. *Interfaces Científicas-Exatas e Tecnológicas* 4, 1, 21-30. <http://dx.doi.org/10.17564/2359-4942.2020v4n1p21-30>
- [74] Martins Filho S T, Martins C H, 2017. Utilização da cinza leve e pesada do bagaço de cana-de-açúcar como aditivo mineral na produção de blocos de concreto para pavimentação. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 10, 4, 1205-1224. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10n4p1205-1224>

- [75] Martins Filho S T, Martins C H, 2016. Quantificação da emissão de CO₂ para Pavers com substituição parcial de areia por cinza do bagaço de cana-de-açúcar. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 9, 2, 431-448. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n2p431-448>
- [76] Martins C H, Altoé S P S, 2015. Avaliação da utilização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar na confecção de blocos de concreto para pavimentação. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 8, 39-54. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2015v8nEd. esp.p39-54>
- [77] Martins C H, Mazzaro F O, Martins Filho S T, Hojo L Y C P, 2015. Análise da atividade pozolânica da cinza leve do bagaço de cana-de-açúcar e sua aplicação na produção de pavers. *Revista Tecnológica* 24, 1, 53-64. <http://dx.doi.org/10.4025/revtecnol.v24i1.2485>
- [78] Valenciano M D C, Freire W J, 2004. Características físicas e mecânicas de misturas de solo, cimento e cinzas de bagaço de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola* 24, 484-492. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162004000300001>
- [79] Lima R R F, 2023. O vidro pós-consumo como precursor da sustentabilidade da indústria vidreira. *Cerâmica Industrial* 28, 1, 1-6. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2023.023>
- [80] Lima R R F, 2024. A aplicação de resíduos no desenvolvimento de produtos sustentáveis na indústria cerâmica. *Cerâmica Industrial* 28, 1, 1-10. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2024.035>