

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS
AGROINDUSTRIAIS NA CONSTRUÇÃO



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Reitor

MARCELO KNOBEL

Coordenadora Geral da Universidade

TERESA DIB ZAMBON ATVARS



Conselho Editorial

Presidente

MÁRCIA ABREU

ANA CAROLINA DE MOURA DELFIM MACIEL – EUCLIDES DE MESQUITA NETO

MÁRCIO BARRETO – MARCOS STEFANI

MARIA INÊS PETRUCCI ROSA – OSVALDO NOVAIS DE OLIVEIRA JR.

RODRIGO LANNA FRANCO DA SILVEIRA – VERA NISAKA SOLFERINI

ANTONIO LUDOVICO BERALDO
(ORG.)

*Utilização de resíduos
agroindustriais na construção*

EDITORIA
UNICAMP

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO
SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNICAMP
DIRETORIA DE TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO
Bibliotecária: Maria Lúcia Nery Dutra de Castro – CRB-8ª / 1724

Ut3 Utilização de resíduos agroindustriais na construção / organização: Antonio Ludovico Beraldo. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2020.

1. Construção civil. 2. Resíduos industriais. 3. Desenvolvimento sustentável.
4. Biomassa. I. Beraldo, Antonio Ludovico.

CDD – 624
– 628.54
– 338.927
– 333.9539

ISBN 978-65-86253-33-7

Copyright © Antonio Ludovico Beraldo
Copyright © 2020 by Editora da Unicamp

As opiniões, hipóteses, conclusões e recomendações expressas
neste material são de responsabilidade dos autores e não
necessariamente refletem a visão da Editora da Unicamp.

Direitos reservados e protegidos pela lei 9.610 de 19.2.1998.
É proibida a reprodução total ou parcial sem autorização,
por escrito, dos detentores dos direitos.

Printed in Brazil.
Foi feito o depósito legal.

Direitos reservados à

Editora da Unicamp
Rua Sérgio Buarque de Holanda, 421 – 3º andar
Campus Unicamp
CEP 13083-859 – Campinas – SP – Brasil
Tel.: (19) 3521-7718 / 7728
www.editoraunicamp.com.br – vendas@editora.unicamp.br

Vocês não lhes darão mais palha para fabricarem tijolos, como vocês o faziam até agora. Eles mesmos irão recolher a palha.

Faraó do Egito, Êxodo 5, 7

SUMÁRIO

PREFÁCIO – <i>Marzieh Kadivar e Holmer Savastano Junior</i>	9
1. BIOMASSA: ALTERNATIVA AOS MATERIAIS CONVENCIONAIS PARA A CONSTRUÇÃO – <i>Antonio L. Beraldo</i>	17
2. AGLOMERANTE ÁLCALI-ATIVADO COM A INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA ALTERNATIVA AO CIMENTO PORTLAND – <i>Rodrigo Henrique Geraldo e Gladis Camarini</i>	67
3. USO DA AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL – <i>Gisleiva Cristina dos Santos Ferreira, Raquel Luísa Pereira Carnin, Marilena Valadares Folgueras, Luciene Gachet Ferrari Domingues e Thais Alice Quinalha</i>	95
4. DURABILIDADE DE CONCRETO PRODUZIDO COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO – <i>Lia Lorena Pimentel</i>	145
5. METACALIM EM ARGAMASSAS DE CAL PARA RECUPERAÇÃO E USO EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS – <i>Túllio Alexandre Mustafé da Cruz e Gladis Camarini</i>	175
6. FOSFOGESSO: APLICAÇÕES E RECICLAGEM – <i>Gladis Camarini, Valdir Moraes Pereira, Túllio Alexandre Mustafé da Cruz e Rodrigo Henrique Geraldo</i>	201
7. GESSO: CARACTERÍSTICAS E RECICLAGEM – <i>Gladis Camarini e Sayonara M. M. Pinheiro</i>	219

8. AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE PAREDES COM BLOCOS EVA ATRAVÉS DE MEDIÇÕES EXPERIMENTAIS EM CÂMARA TÉRMICA – <i>Alúisio Braz de Melo,</i> <i>Elisângela Pereira da Silva e Emmily Gérsica Santos Gomes</i>	247
9. ARGAMASSAS AUTONIVELANTES – <i>Valdir Moraes Pereira</i> <i>e Gladis Camarini</i>	281
10. RESÍDUOS DE CERÂMICA VERMELHA: CARACTERIZAÇÃO – <i>Normando Perazzo Barbosa, Carlos Maviael Carvalho,</i> <i>Paloma S. Xavier de Alcantara, José Augusto Gomes Neto</i> <i>e Aerson Moreira Barreto</i>	313
11. REAPROVEITAMENTO DE CINZAS AGROINDUSTRIAIS – <i>João Adriano Rossignolo, Gabriela Pitolli Lyra</i> <i>e Maria Júlia Bassan de Moraes</i>	337
12. TRATAMENTO DE RESÍDUOS DA MINERAÇÃO DE FERRO PARA PRODUÇÃO DE POZOLANA – <i>Evandro Moraes da Gama</i>	359
13. RESÍDUOS DE ISOLADORES ELÉTRICOS DE PORCELANA: APLICAÇÃO EM BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO, SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL – <i>Leandro Shiroma, Gisleiva Cristina</i> <i>dos Santos Ferreira, Antonio L. Beraldo e Marco Túlio Ospina</i>	381
SOBRE OS AUTORES	395

PREFÁCIO

*Marzieh Kadivar**

*Holmer Savastano Junior***

O presente livro é o resultado de vários projetos de pesquisa de diferentes universidades do Brasil em temas relacionados ao aproveitamento de resíduos na construção civil. A organização desta obra pelo professor Antonio L. Beraldo dá a dimensão da importância desse tema, quer seja pelo número crescente de artigos relacionados na literatura internacional, quer seja também pela conscientização do uso correto de resíduos na construção e pelos volumes expressivos de resíduos disponíveis. O professor Beraldo tem longa experiência e reconhecimento nesse tema, especialmente em materiais e técnicas construtivas não convencionais aplicados ao meio urbano e rural, tais como habitações, instalações industriais e agrícolas. Os autores dos capítulos compõem reconhecidos grupos de pesquisadores distribuídos em todo o país, dedicados a tópicos afins da construção verde ou ecoamigável e com experiência no aproveitamento correto de resíduos na construção.

A pesquisa científica relacionada a resíduos e construção vem aumentando nas últimas décadas. A Figura 1 mostra o resultado da busca entre títulos de artigos, resumos e palavras-chave no banco de dados Scopus® da literatura revisada por pares, usando palavras-chave relacionadas a resíduos e construção. De acordo com os resultados

* Engenheira civil e coordenadora do projeto Bambusp, do Centro Comunitário de Capacitação em Bambu da USP.

** Engenheiro civil e coordenador do Núcleo de Pesquisa em Materiais para Biosistemas da USP (NAP BioSMat).

extraídos até o final de 2019, foi publicado um número superior a 571 mil trabalhos sobre resíduos, dos quais aproximadamente 30 mil trabalhos são sobre construção civil. Esses documentos incluem resíduos da indústria da construção e resíduos de outras indústrias, que podem ser utilizados na construção civil em geral.

Entre esses resíduos investigados, os chamados subprodutos agrícolas, tais como fibras lignocelulósicas renováveis, estão disponíveis praticamente sem custo e são frequentemente tratados inapropriadamente como resíduos. Sua eficácia na indústria de materiais de construção foi testada e comprovada em diversos trabalhos, como reportado em inúmeras fontes consagradas na literatura internacional (Raut *et al.*, 2011; Claudiu & Cobirzan, 2013; Chaussinand *et al.*, 2015; Savastano Junior *et al.*, 2017; Luhar *et al.*, 2019). Os resíduos gerados das atividades de construção são outra questão importante, especialmente no Brasil, com uma quantidade intensa. No capítulo 2, por exemplo, cita-se a estimativa de 500 kg de resíduos de construção/habitante/ano (Sinduscon, 2015). A absorção de parte desses resíduos, através da incorporação como matéria-prima na produção de materiais de construção alternativos, não apenas atende à Política Nacional de Resíduos Sólidos brasileira (Brasil, 2010), mas também é econômica, ambiental e tecnologicamente eficaz.

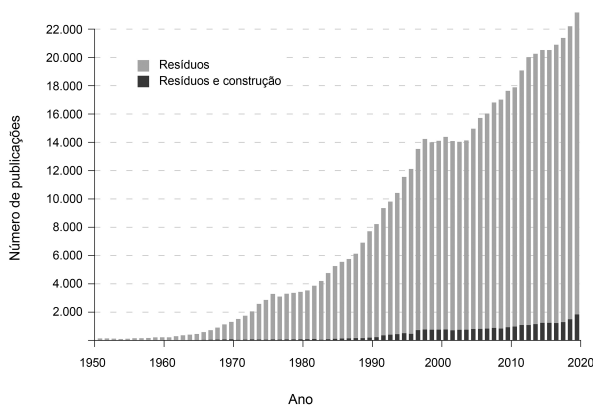


Figura 1 – Resultados da pesquisa entre títulos de artigos, resumos e palavras-chave no banco de dados Scopus®. Fonte: Autores.

No entanto, para que esses produtos alternativos se tornem amplamente aceitáveis, é necessário potencializar a maior conscientização entre todas as partes interessadas na indústria da construção civil.

Outro aspecto preponderante no presente livro são os materiais à base de cimento e outros aglomerantes inorgânicos comumente utilizados, com ênfase para alguns resíduos e subprodutos que podem exercer a função de seus substitutos parciais ou mesmo totais. Os produtos cimentícios superam, em muito, outros materiais utilizados pelos seres humanos e já representam cerca de 73 t/hab., conforme se observa na Figura 2 (Waters *et al.*, 2016). Apenas em 2012, a produção de cimento Portland foi de aproximadamente 3,8 Gt, equivalente a 3,2 Gt de emissões de CO₂ em todo o planeta, cerca de 8% das emissões anuais de CO₂ antropogênico (Miller *et al.*, 2016). As alternativas ao clínquer utilizado no cimento Portland, bem como a utilização de materiais álcali-ativados, aliados à maior eficiência no uso desses materiais, podem ajudar a atingir as metas de redução na emissão de gases do efeito estufa e consequentemente no controle do vertiginoso aquecimento global (Miller *et al.*, 2018).

O presente livro traz uma gama diversa de exemplos de resíduos da própria construção civil, assim como também de outras áreas, como a agroindústria. O foco principal desses estudos é destacar materiais não convencionais e analisar suas tecnologias de desenvolvimento para serem

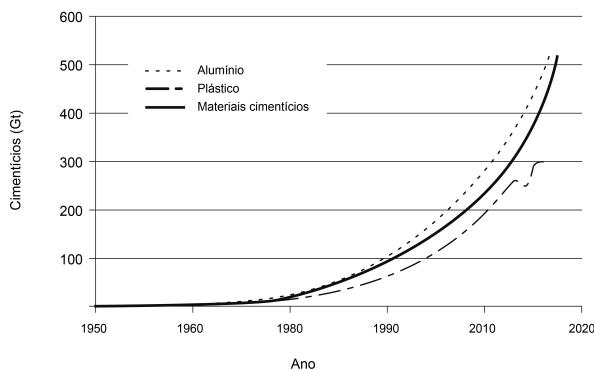


Figura 2 – Acúmulo de materiais cimentícios na crosta terrestre. Fonte: Waters *et al.*, 2016.

materiais de construção econômicos, duráveis, ecológicos, eficientes em termos energéticos e sustentáveis, que economizem recursos energéticos e reduzam a poluição ambiental. O livro está organizado em 13 capítulos, conforme descrito sinteticamente a seguir.

O capítulo 1, “Biomassa: Alternativa aos materiais convencionais para a construção”, cita fontes alternativas de produção de biomassa, sisal, juta e várias gramíneas como cana-de-açúcar, arroz, capim-napier e bambu, e explica suas propriedades e características. Várias aplicações com compósitos também são apresentadas nesse capítulo, bem como estratégias destinadas a minimizar o efeito prejudicial dos constituintes químicos da biomassa apenas em relação aos ligantes inorgânicos.

O capítulo 2, “Aglomerante álcali-ativado com a incorporação de resíduos sólidos: Uma alternativa ao cimento Portland”, oferece um aglomerante cimentício alternativo, que possui propriedades técnicas semelhantes aos produtos de cimento Portland e pode ser de grande interesse em minimizar impactos ambientais adversos. O aglomerante álcali-ativado (AAA) é um material cujo impacto ambiental é menor do que o produzido pelo cimento Portland.

O capítulo 3, “Uso da areia descartada de fundição na construção civil”, propõe o uso de resíduos de fundição para uma variedade de aplicações no Brasil, tendo em vista a sua abundância no país, assim como as experiências bem-sucedidas no uso desses materiais em outros países industrializados, como os Estados Unidos da América. Esse capítulo também apresenta os padrões e documentos internacionais e nacionais de agências e órgãos ambientais que dispõem quanto ao emprego da areia descartada de fundição em diversos usos antes da destinação em aterros sanitários.

No capítulo 4, “Durabilidade de concreto produzido com resíduos de construção”, são investigadas as propriedades físicas e mecânicas do concreto produzido a partir de materiais reciclados. De forma econômica, o uso da reciclagem pode trazer benefícios e também é uma opção importante para minimizar o impacto ambiental.

Os conceitos que envolvem o uso de materiais alternativos em argamassas, particularmente o uso de cal hidratada (CH) e metacaulim

(MK), são apresentados no capítulo 5, “Metacaulim em argamassas de cal para recuperação e uso em edifícios históricos”. As principais características ao usar esses materiais, bem como suas aplicações práticas, são discutidas, em particular, na recuperação de edificações históricas. Substitutos são aqueles identificados por sua produção limpa, pela elevada durabilidade e, principalmente, pela capacidade de renovação das fontes de matéria-prima.

O objetivo do capítulo 6, “Fosfogesso: Aplicações e reciclagem”, é apresentar o uso do fosfogesso como um aglomerante alternativo ao gesso de construção, podendo ser empregado em diferentes situações, o que auxiliaria na conservação dos recursos naturais, diminuindo a exploração da gipsita, minério empregado para produção do gesso comercial. O fosfogesso é o principal resíduo da fabricação de fertilizantes, o que causa maior preocupação, principalmente em razão do elevado volume gerado e da maneira como é armazenado e/ou descartado.

O capítulo 7, “Gesso: Características e reciclagem”, discute a produção de gesso, suas propriedades, a reciclagem de resíduos e as aplicações de produtos à base de gesso. O gesso, que é um material obtido pela calcinação (desidratação) da gipsita, é amplamente utilizado na engenharia civil na fabricação de componentes como blocos e lajes e como revestimento de paredes internas.

O capítulo 8, “Avaliação do comportamento térmico de paredes com blocos EVA através de medições experimentais em câmara térmica”, trata sobre um estudo de laboratório para avaliar o comportamento térmico de amostras de pequenas paredes em câmara térmica. O comportamento de paredes executadas com pré-moldados cimentícios (blocos de acetato-vinilo de etileno, EVA), produzidos com agregados de resíduos da indústria de calçados, em substituição parcial ao agregado natural, é examinado nesse capítulo. Esses novos produtos também são comparados com amostras de paredes executadas com componentes usuais presentes nas edificações.

O capítulo 9, “Argamassas autonivelantes”, dá uma visão geral e abrangente das argamassas autonivelantes, que são materiais que

possuem capacidade de nivelar-se sem a necessidade de uso externo de energia, sendo utilizadas na execução de contrapisos de edificações e em nivelamento de pisos para diversas finalidades. Os principais trabalhos realizados com argamassas autonivelantes, os materiais utilizados no preparo de argamassas autonivelantes e as principais vantagens da sua utilização baseiam-se nas vantagens ambientais, sendo apresentadas as principais técnicas nesse capítulo.

O objetivo do capítulo 10, “Resíduos de cerâmica vermelha: Caracterização”, é apresentar as características e aplicações de resíduos de cerâmica vermelha. São exploradas aplicações como aditivo alternativo ou de cimento em concreto e argamassa (como pozolana), como finos em concretos autoadensáveis, como material precursor na ativação alcalina, como corante em blocos de pavimentação do tipo *pavers*, entre outras. Como o uso adequado de resíduos de cerâmica requer conhecimento de suas propriedades, esse capítulo apresenta uma série de experimentos para obter as propriedades de resíduos de cerâmica em casos reais.

O capítulo 11, “Reaproveitamento de cinzas agroindustriais”, apresenta um resumo do estado da arte de três cinzas com elevado potencial de utilização em materiais cimentícios: cinza do bagaço e da palha de cana-de-açúcar, cinza da casca do arroz e cinza da folha do bambu. Essas cinzas agroindustriais são aplicáveis aos materiais cimentícios de Portland, em vista dos altos níveis de sílica amorfa reativa presentes como aditivos pozolânicos.

O capítulo 12, “Tratamento de resíduos da mineração de ferro para produção de pozolana”, investiga as propriedades pozolânicas de resíduos da mineração de ferro e inclui definições de argilas e pozolanas, caracterização mineralógica, breve histórico sobre a pozolana, caracterização tecnológica de material, procedimento de fabricação industrial de pozolana e produção de artefatos de cimento a partir de concreto pozolânico. Esse capítulo mostra que o tratamento adequado dos resíduos produz pozolanas de alta qualidade, igualando-se às propriedades do metacaulim.

O capítulo 13, “Resíduos de isoladores elétricos de porcelana: Aplicação em blocos vazados de concreto, sem função estrutural”, apresenta outra fonte alternativa chamada resíduos de isoladores elétricos de porcelana (RIP), provenientes da fragmentação de isoladores de porcelana inservíveis. Esses materiais podem ser usados para a fabricação de blocos vazados de concreto, sem função estrutural. A caracterização ambiental do RIP e também a caracterização do bloco vazado de concreto, sem função estrutural, fabricado com RIP foram investigadas nessa pesquisa.

Espera-se que este livro possa servir como um guia para estudantes de graduação e pós-graduação, engenheiros civis, engenheiros agrícolas e de biosistemas, tecnólogos e projetistas, bem como profissionais atuantes em áreas afins e jovens pesquisadores motivados em usar materiais não convencionais, reduzir o impacto ambiental, aprimorar a qualidade de seu trabalho e impedir a perda de valiosos recursos disponíveis no Brasil e em outros países.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. “Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências”. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, 3/8/2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 15/10/2015.
- CHAUSSINAND, A.; SCARTEZZINI, J.-L. & NIK, V. “Straw bale: A waste from agriculture, a new construction material for sustainable buildings”. *Energy Procedia*, vol. 78, 2015, pp. 297-302.
- CLAUDIU, A. & COBIRZAN, N. “Use of agricultural products and waste in the building materials industry”. *ProEnvironment/ProMediu*, 6, 2013, pp. 472-478.
- LUHAR, S.; CHENG, TW. & LUHAR, I. “Incorporation of natural waste from agricultural and aquacultural farming as supplementary materials with green concrete: A review”. *Composite Part B: Engineering*, vol. 175, article 107076, 2019.

- MILLER, S. A.; HORVATH, A. & MONTEIRO, P. J. M. “Readily implementable techniques can cut annual CO₂ emissions from the production of concrete by over 20%”. *Environmental Research Letters*, vol. 11, n. 7, article 074029, 2016.
- MILLER, S. A. *et al.* “Carbon dioxide reduction potential in the global cement industry by 2050”. *Cement and Concrete Research*, vol. 114, 2018, pp. 115-124.
- RAUT, S. P.; RALEGAONKAR, R. V. & MANDAVGANE, S. A. “Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: A review of waste-create bricks”. *Construction and Building Materials*, vol. 25, n. 10, 2011, pp. 4.037-4.042.
- SAVASTANO JUNIOR, H.; FIORELLI, J. & SANTOS, S. F. (ed.). *Sustainable and nonconventional construction materials using inorganic bonded fiber composites*, vol. 1. Duxford, Elsevier, 2017, 494 p.
- SINDUSCON – SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. *Gestão ambiental de resíduos da construção civil: Avanços institucionais e melhorias técnicas*, 2015, 149 p. Disponível em <<https://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/09/MANUAL-DE-RES%C3%84DUOS-2015.pdf>>. Acesso em 15/10/2015.
- WATERS, C. N. *et al.* “The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene”. *Science*, vol. 351, n. 6.269, 8 Jan. 2016, pp. aad2.622-1-aad2.622-10.

BIOMASSA: ALTERNATIVA AOS MATERIAIS CONVENCIONAIS PARA A CONSTRUÇÃO

Antonio L. Beraldo

INTRODUÇÃO

Duas imagens contrastantes frequentemente são associadas ao Brasil: a impressionante cobertura vegetal ainda intacta na maior parte da Amazônia e a pujança do seu agronegócio, responsável por significativa contribuição às exportações, porém frequentemente sendo acusado de avançar indiscriminadamente sobre a floresta nativa.

Também se pode destacar em nosso país a importância econômica aportada pela comercialização de madeira e de seus derivados, suprida por plantios de maciços florestais a partir dos gêneros exóticos *Eucalyptus* e *Pinus*. Cumpre ressaltar que, embora ainda existam vários questionamentos quanto ao impacto ambiental causado pela implantação de florestas homogêneas, tal alternativa em grande parte também contribuiu para diminuir a pressão exercida sobre as espécies florestais nativas. Atualmente, uma larga gama de produtos comercializados no Brasil são derivados de tais madeiras, principalmente para a produção de celulose e papel (eucalipto) e para o uso em movelaria (*Pinus* e eucalipto) e construção civil (eucalipto).

Por outro lado, ainda sem ocupar um lugar de destaque no panorama econômico brasileiro, podem também ser citadas fontes alternativas de produção de biomassa vegetal a partir do sisal, da juta e de diversas gramíneas, tais como cana-de-açúcar, arroz, capim-napier e bambu.

A maioria dos resíduos gerados no processamento/beneficiamento dessas matérias-primas não convencionais geralmente é descartada,

sendo que apenas os resíduos do processamento industrial da cana-de-açúcar têm encontrado no momento um apelo econômico, destinando-se à geração de energia a partir do bagaço. Também nessa categoria se destacam algumas empresas de beneficiamento do arroz que utilizam o resíduo gerado (casca) como fonte energética em seus processos, produzindo, ao final, cinzas que ainda poderiam ser destinadas à composição com aglomerantes inorgânicos, desde que a queima ocorra em condições controladas, conforme será abordado em um capítulo específico.

Quanto aos resíduos de origem animal (pelos, penas, couro etc.), pouco ou nenhum processo de reaproveitamento ainda tem sido destacado no setor da construção civil, tendo destaque apenas uma incipiente utilização da casca de ovo como fonte de suprimento de cálcio para o enriquecimento da dieta infantil.

No Brasil, existe uma imensa geração de resíduos pelos setores agrícola e florestal, os quais ainda mereceriam uma análise mais aprofundada tendo em vista sua aplicação em outros segmentos da sociedade, como é o caso da construção civil.

Os resíduos do processamento da biomassa vegetal ou animal poderiam vir a suprir a inevitável escassez dos agregados minerais (areia e brita), destinando-se à produção de artefatos à base de matrizes inorgânicas (cimento e gesso). No entanto, a maioria das biomassas apresenta determinados constituintes químicos – denominados genericamente de extrativos, que, na maioria dos casos, não se mostram compatíveis com aglomerantes inorgânicos. Dessa forma, estudos preliminares devem ser conduzidos antes de proceder-se à utilização de tais biomassas em componentes construtivos à base de cimento Portland ou de gesso.

No presente capítulo, serão apresentadas várias aplicações realizadas com os compósitos, assim como serão abordadas estratégias que visam à minimização do efeito nocivo dos constituintes químicos da biomassa apenas em relação aos aglomerantes inorgânicos.

1. PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DA BIOMASSA

Os materiais destinados à construção civil devem apresentar características tais que os qualifiquem para determinadas aplicações; portanto, as vantagens e os inconvenientes devem ser bem balanceados antes de se propor a utilização dos materiais enquadrados na categoria de “alternativos” ou “não convencionais”, como se trata do caso da biomassa.

Entre as principais *vantagens* na utilização da biomassa, podem ser citadas as seguintes:

– *Disponibilidade de matéria-prima*: durante o processamento mecânico da madeira são geradas grandes quantidades de resíduos (pó de serra, maravalha, cavacos etc.), os quais não têm sido adequadamente utilizados, observando-se, em várias localidades, a simples queima de tais resíduos, contribuindo acentuadamente para a poluição ambiental. Embora a quantidade de tais resíduos possa ser adequadamente estimada, quando se trata de instalações industriais, tais como nos casos de fábricas de paletes ou de lápis, pois se conhece o volume de insumos gerados, na maioria das vezes não se dispõe de tais informações no que se refere às operações realizadas em serrarias, muitas vezes artesanais ou até mesmo clandestinas, espalhadas principalmente nas regiões Centro-Oeste e Norte.

Em quase todas as propriedades rurais, encontram-se disponíveis algumas espécies de bambus, normalmente utilizadas para pequenas construções (poleiros e cercas), tutores de culturas e fabricação de pequenos objetos (canecas, varas de pesca etc.).

A maior parte das espécies de bambu utilizadas foi introduzida durante o período da colonização portuguesa ou, mais recentemente, por imigrantes japoneses. Enquanto algumas espécies apresentam pequeno diâmetro, da ordem de 2-4 cm (Figura 1a), outras pertencem ao grupo dos bambus gigantes, com diâmetro superior a 15 cm (Figura 1b).

O bambu pode ser processado cortando-se pequenos cilindros, esmagando-os e então efetuando a sua fragmentação em moinho de

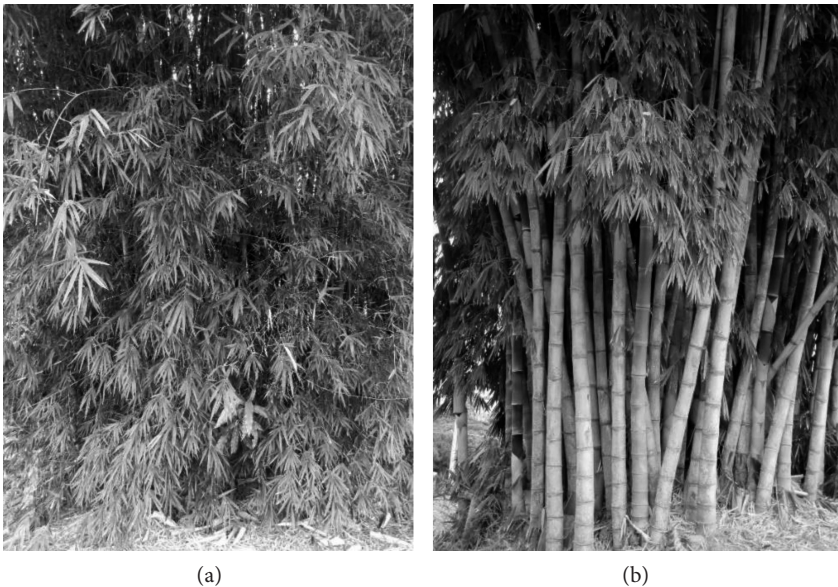


Figura 1 – (a) *Bambusa tuldooides* – (b) *Dendrocalamus asper*. Fonte: Autor.

martelos (Figura 2a), seguindo-se com a separação por tamanho em peneiras, geralmente adotando-se o material passante na peneira de abertura 2,40 mm (Figura 2b).

A utilização de uma determinada biomassa pode vir a ser modificada em suas características elementares conforme existam interesses econômicos. Podem ser citados os casos de biomassa proveniente dos cortes mecanizados de eucalipto ou de palha da cana-de-açúcar. No primeiro caso, a parte apical da tora de eucalipto, com diâmetro inferior a 7-8 cm, destina-se à geração de energia na empresa. Porém, estudos realizados por Beraldo e Carvalho (2004) indicaram sua adequação na produção de compósitos cimentícios, tratando-se, portanto, de um novo filão para utilização de tais resíduos.

Da mesma forma, com a proibição da queima da cana no estado de São Paulo, a palha gerada após a colheita mecanizada, desde que fosse aumentada sua densidade energética (em kJ/m^3), por meio do enfardamento realizado no campo, poderia ser utilizada tanto para geração de energia nas usinas como para obtenção de etanol de segunda