

Utilização de resíduos de indústria de painéis de MDF e de resíduos de cal para geração de um material de construção civil com características de concreto

Stéphanie Abisag Sáez Meyer Piazza (Universidade Federal do Paraná) teffymeyer@hotmail.com

Vsévolod Mymrine (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) seva6219@gmail.com

Urivald Pawlowsky (Universidade Federal do Paraná) pawl@terra.com.br

Resumo:

Este estudo propôs a valorização dos resíduos de cinzas, lodo físico-químico da produção de painéis de MDF e resíduos de cal para a produção de um novo produto para a sua utilização na construção civil. Os resultados indicam que o conteúdo de cerca de 30-45% em peso, resultou em níveis apropriados de resistência mecânica. Esses níveis são adequados considerando a aplicação destes produtos na construção civil, além de serem economicamente atraentes devido ao baixo custo das matérias-primas e seus grandes benefícios ambientais, uma vez que evita a disposição inadequada dos resíduos.

Palavras chave: Resíduos industriais, Reaproveitamento, Lodo físico-químico, Materiais de Construção Civil.

Use of MDF industry waste and lime residues for a manufacture of a construction material with concrete properties

Abstract

This study proposed the recovery of waste ash, physic-chemical sludge of the process of MDF board production and lime for the manufacture of a new product with better characteristics for its use in civil construction. Results indicate that for the waste, contents of about 30-45% by weight resulted in appropriate levels of mechanical resistance. Such levels are suitable considering the application of these products in civil construction; besides that, they are economically attractive because of the low cost of raw materials and major environmental benefits avoiding inadequate waste disposal.

Key-words: Industrial waste, Reuse, Physic-chemical sludge, Construction Materials.

1. Introdução

Uma das necessidades enfrentada pela indústria é a minimização de resíduos, pois esta possibilita o desenvolvimento sustentável a partir da preocupação ambiental e a redução dos custos de produção (CRITTENDEN e KOLACZKOWSKI, 1995). Com medidas que evitam, eliminam ou reduzem os resíduos gerados na fonte, a minimização pode ainda permitir o reuso ou reciclagem de resíduos. Diminuindo assim seu gasto com tratamento e disposição, e ainda protegendo o meio ambiente. Dentre as vantagens que podem ser citadas estão: (i) redução de custos de monitoramento, controle, tratamento, gerenciamento e disposição de resíduos; (ii) redução do consumo de matérias-primas; (iii) redução de riscos de saúde e

segurança dos funcionários expostos a resíduos perigosos; (iv) redução dos riscos ambientais que acarretam em uma facilidade maior em conseguir licenças e financiamentos, além de melhorar a imagem pública da empresa, a tornando com maior rentabilidade e eficiência (CENDOFANTI, 2005).

Para a implantação de ações de minimização de resíduos é necessário o conhecimento detalhado do processo produtivo da empresa e também as diferentes soluções ambientais para melhoria dos indicadores de resíduos ou os caminhos para obter soluções (SEIFFERT, 2011).

O reaproveitamento ou a reciclagem de resíduos sólidos tem como objetivo a utilização completa de matérias-primas e a minimização do problema da poluição e do tratamento dos mesmos (PAWLOWSKY, 2010).

O trato inadequado dos resíduos sólidos industriais contribui de forma marcante para o agravamento dos problemas ambientais, notadamente nos grandes centros urbanos, constituindo tarefa potencialmente poluidora do ar, solo e principalmente águas superficiais e do subsolo.

A disposição de resíduos industriais em aterros sanitários, a céu aberto ou jogados em lagos, rios e mares, fazem com que ocorram não apenas prejuízos ao equilíbrio da natureza como também perdas econômicas pelo não reaproveitamento de materiais perfeitamente passíveis de novas utilizações. Dessa forma, a possibilidade do reaproveitamento de resíduos sólidos e subprodutos industriais como materiais de construção vêm sendo ultimamente estudada por vários pesquisadores (PRIM *et al.*, 1998).

De acordo com Prim *et al.* (1998), são três as razões que motivaram essa atenção: primeiro, uma preocupação com o esgotamento de reservas de matéria-prima que, se não para um país na sua totalidade, pelo menos para regiões específicas; segundo, a preocupação com a preservação do meio ambiente, afetada pelo volume crescente de resíduos sólidos descartados; e terceiro, em países carentes de matéria prima, a necessidade de compensar o desequilíbrio econômico provocado pelo alto preço do petróleo, reciclando resíduos sólidos.

Atualmente, existem diversas soluções para o reaproveitamento de resíduos, sendo eles resíduos industriais ou domésticos. Segundo Borgo (2007), Solyon (2009) e Meyer (2012), reaproveitar resíduos sólidos industriais para a confecção de produtos para a construção civil é uma opção que tem sido estudada por muitos pesquisadores no Brasil e no mundo. Porém para tal é interessante que os novos materiais tenham propriedades mecânicas que se enquadrem nos padrões da legislação brasileira, como a resistência à compressão uniaxial relatada na NBR 7170 (ABNT, 1983) e na NBR 7171 (ABNT, 1992).

Além da questão de minimização dos resíduos, cabe destacar que houve ainda a proibição da queima do lodo de estações de tratamento físico-químico de efluentes em caldeiras especificada pelo Artigo 3 da Resolução SEMA 42, de 22 de julho de 2008 (IAP, 2016), o que também impulsiona às indústrias a buscar novas formas de disposição e até mesmo reaproveitamento do resíduo gerado (MEYER, 2012). Adicionar a este resíduo um valor agregado que proporcione a formação de um produto comercial é vantajoso, pois diminui possíveis gastos com a disposição do mesmo e implica no ganho econômico pela sua venda a outros setores (MYMRIN *et al.*, 2014).

O objetivo deste trabalho foi estudar combinações de lodo do tratamento físico-químico de águas residuais e cinzas da incineração de biomassa de uma indústria de painéis de MDF e resíduos da produção de cal como material ligante, para formação de um produto de construção civil de valor agregado e comercial que atenda as normas brasileiras.

2. Materiais e Métodos

A pesquisa experimental deste trabalho foi realizada em três etapas: caracterização das matérias-primas (lodo físico-químico, cinzas de biomassa e resíduos da produção de cal); preparação e estudo dos melhores corpos de prova, com diferentes proporções dos resíduos; e caracterização e avaliação das propriedades mecânicas, químicas e mineralógicas do novo material de construção civil.

O lodo físico-químico e as cinzas foram fornecidos por uma indústria de painéis de MDF da região de Araucária (Paraná, Brasil) que gera aproximadamente 4680 ton/ano e 8400 ton/ano destes resíduos respectivamente.

O resíduo de produção de cal usada como material ligante foi proveniente de uma fábrica do Paraná (Brasil). A amostragem foi realizada em conformidade com a NBR 10.007 (ABNT, 2004), constituindo-se uma amostra representativa.

A caracterização dos componentes iniciais e dos produtos finais foi executada utilizando os seguintes métodos: FRX, DRX, MEV e EDS, que determinaram as composições químicas, mineralógicas e as novas estruturas dos compostos.

Os corpos de prova (CP's) foram elaborados com diferentes proporções dos resíduos (Tabela 1), homogêneos manualmente e compactados com força de 5 MPa, sem secagem preliminar e sem cimento Portland. As idades trabalhadas foram de 3, 7, 14, 28, 60 e 90 dias, com dimensões de 20 x 20 mm.

As amostras foram submetidas posteriormente a diversos ensaios para determinar: resistência à compressão uniaxial, resistência à água, absorção de água e dilatométrica.

3. Resultados e Discussão

3.1 Caracterização das matérias-primas

A composição química do lodo por FRX é apresentada principalmente pelo Al_2O_3 – 10,2%, CaO – 3,7%, P_2O_5 – 0,9% e SiO_2 – 0,8%, com uma umidade de 73,47% e uma perda ao fogo de 82,55%, provavelmente devido ao alto teor de matéria orgânica. A composição mineralógica por DRX do lodo físico apresentou três fases: Nitratine (NaNO_3), Kamacite ($\text{Mg}_3\text{Al}_6(\text{Si},\text{Al},\text{B})_5\text{O}_{21}(\text{OH})$) e Aragonite (CaCO_3).

Para as cinzas provindas da queima da biomassa a FRX indicou a presença de SiO_2 – 53,0%, Al_2O_3 – 12,8%, Fe_2O_3 – 5,7% e CaO – 2,5%, com uma umidade de 9,37% e uma perda ao fogo de 20,18%, devido ao alto teor de madeira mal queimada. Já em sua composição mineralógica pela DRX estavam presentes Quartzo (SiO_2) e Halite (NaCl).

A fábrica de cal localizada na região de Colombo – PR forneceu o resíduo da produção da cal (RPC) - a cal mal queimada que servirá nestes experimentos como ligante nas misturas. Uma das exigências químicas adotadas para aplicação da cal como ligante na construção civil conforme a NBR 6453 (ABNT, 2003) é apresentar o teor mínimo de óxidos totais na base não volátil ($\text{CaO} + \text{MgO}$) de 88%. Este teor foi fixado tendo como base matérias-primas nacionais. O teor de anidrido carbônico (CO_2), sendo fixado para a cal virgem especial e para a cal comum, teores máximos de 6 e 12% respectivamente. O RPC usado neste trabalho apresentou um teor de 23,6% de CO_2 , caracterizando como resíduo de produção de cal. Nos difratogramas de raios-X existem fortes picos de Calcita (CaCO_3), de Brucite ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), Portlandite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) e Quartzo (SiO_2). Muito visível também pela profunda distância entre

curva de difratograma e linha zero do gráfico – característica para alto teor de materiais amorfos.

No método de microscopia eletrônica de varredura acoplado a micro-análise química (MEV-EDS) foi verificado que o lodo promove a tendência dos conglomerados se reunirem entre si. Já a MEV para a cinza indicou a presença de uma grande diversidade entre as partículas, que revela uma alta porosidade do material por não haver ligação química entre os componentes, caracterizando um material disforme. Para o RPC, pela MEV pode-se observar que a superfície é bastante lisa, uniforme, sem elevações, com uma considerável rede de poros irregulares. A maioria das partículas tem as formas redondas, como nuvens, típicos para substâncias amorfas.

3.2 Caracterização dos materiais desenvolvidos

A análise de mudança das resistências à compressão uniaxial de CP's (Tabela 1) permite concluir que as composições, gradativamente suas resistências a compressão foram aumentando. Isto indica que com o passar do tempo ocorre uma maior interação química dos componentes, reduzindo o volume de espaços vazios que deixavam o material mais frágil. Mas o destaque maior foi para a composição 5 cujas resistências foram sempre as maiores e chegaram até 8,37 MPa no 90º dia. Por isso, a composição 5 foi escolhida para pesquisar os processos físico-químicos de formação de estruturas através dos métodos de DRX e MEV-EDS.

Composições (%)				Resistência (MPa) após de dias de cura					
N	Lodo	Cinza	RPC	3	7	14	28	60	90
1	45	45	10	5,09 ± 0,54	4,25 ± 0,29	5,50 ± 0,44	5,32 ± 0,72	5,17 ± 0,38	5,25 ± 0,43
2	40	45	15	3,90 ± 0,60	4,17 ± 0,98	5,26 ± 1,06	5,40 ± 0,65	6,08 ± 1,10	5,87 ± 0,15
3	35	50	15	2,20 ± 0,40	2,97 ± 0,28	3,05 ± 0,43	3,70 ± 0,89	3,66 ± 0,58	3,09 ± 0,05
4	30	55	15	1,95 ± 0,16	2,93 ± 0,46	3,38 ± 0,32	3,48 ± 0,59	3,35 ± 0,32	3,42 ± 0,13
5	40	40	20	5,25 ± 0,89	6,13 ± 0,72	7,18 ± 0,44	6,96 ± 0,97	7,95 ± 1,67	8,37 ± 2,14
6	35	45	20	3,75 ± 0,28	4,86 ± 0,48	5,62 ± 0,40	5,10 ± 1,42	6,14 ± 0,65	6,04 ± 0,93
7	30	50	20	1,62 ± 0,35	2,30 ± 0,52	3,02 ± 0,56	3,13 ± 0,57	3,55 ± 0,45	3,87 ± 0,55

Nota: Conforme a NBR 7171 (1992) a resistência uniaxial dos blocos cerâmicos deve ser a seguinte:
Classe 15 = 1,5 < 2,5 MPa, Classe 25 = 2,5 < 4,5 MPa.

Conforme a NBR 7170 (1983) a resistência uniaxial dos tijolos maciços deve ser a seguinte:
Classe A < 2,5 MPa; Classe B 2,5 < 4,0 MPa; Classe C > 4,0 MPa.

Tabela 1 – Mudança de resistência à compressão uniaxial durante a hidratação e cura

Comparando os dados da Tabela 1 com demandas de NBR 7170 e 7171, pode-se notar que os valores de resistências dos materiais desenvolvidos estão em conformidade com as normas citadas e ultrapassam muitas vezes o limite máximo indicado.

Os resultados da dilatometria demonstraram variação entre 0,93 e 2,35 % de maneira diretamente proporcional ao aumento do teor de cinzas. O menor teor de RPC apresentou menor dilatação, e a composição 5 teve dilatação de 1,40%.

Os valores encontrados para a resistência à água em 60 dias, foram entre 2,24 a 4,76 MPa, com coeficiente de resistência à água (Cra) entre 0,60 a 0,82.

Para o 90º dia foram obtidos valores de resistência 2,41 e 5,22 MPa, com coeficiente de resistência à água entre 0,62 e 0,85.

Desta forma, a cinza responde negativamente para a resistência à água, uma vez que quanto maior sua proporção na mistura menor foram os valores de resistência obtidos. Já o lodo responde positivamente sobre a resistência à água.

Para quase todas as misturas o coeficiente de absorção de água (Ca) aumenta com o crescimento do teor de cinza, e variou entre 0,77 e 1,61 no 60º dia de cura; e entre 0,86 a 1,65 no 90º dia de cura.

Os resultados de decifração de difratogramas de Raios-X de (Figura 1) de amostras de composição 5 da Tabela 1 durante de cura estão reunidas em Tabela 2.

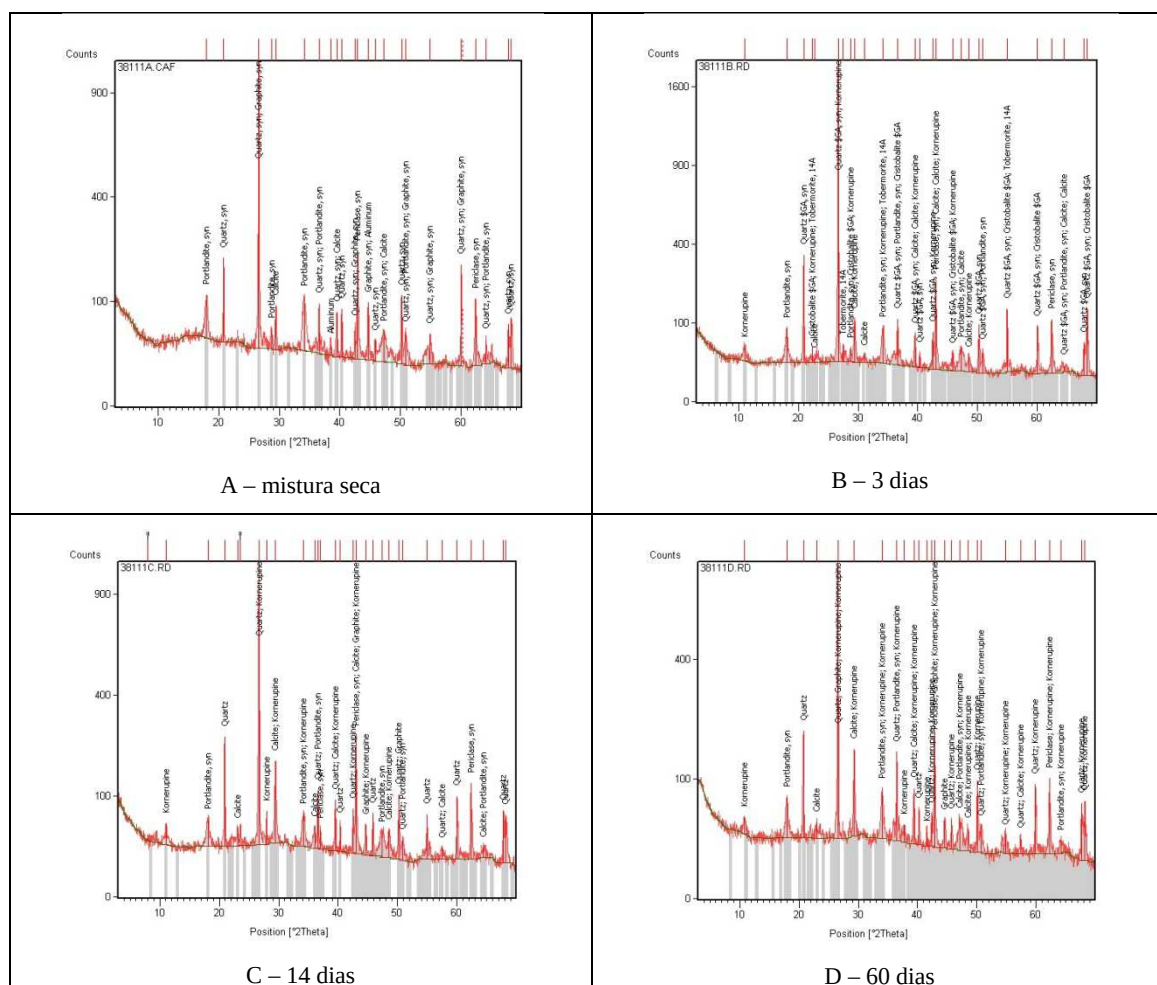


Figura 1 – Mudança de difratogramas de Raios X de amostras da composição 5 da Tabela 1 durante a cura

Mistura seca	3 dias	14 dias	60 dias
Quartzo - SiO ₂	Quartzo - SiO ₂	Quartzo - SiO ₂	Quartzo - SiO ₂
Portlandite - Ca(OH) ₂	Portlandite - Ca(OH) ₂	Portlandite - Ca(OH) ₂	Portlandite - Ca(OH) ₂
Periclase – MgO	Periclase – MgO	Periclase – MgO	Periclase – MgO
Calcite - CaCO ₃	Calcite - CaCO ₃	Calcite - CaCO ₃	Calcite - CaCO ₃
Grafite – C	Grafite – C	Grafite – C	Grafite – C
	* Kornerupine – Mg ₃ Al ₆ (Si,Al,B) ₅ O ₂₁ (OH)	Kornerupine – Mg ₃ Al ₆ (Si,Al,B) ₅ O ₂₁ (OH)	Kornerupine - Mg ₃ Al ₆ (Si _{0.8} Al _{0.2}) ₅ O ₂₁ (OH) e Fe ₄ Mg ₁₀ Al ₂₅ (Si,B) ₁₈ O ₈₆
	* Tobermorite - (CaO) _x SiO ₂ .H ₂ O	Tobermorite - (CaO) _x SiO ₂ .H ₂ O	Tobermorite - (CaO) _x SiO ₂ .H ₂ O

Nota: * novas formações cristalinas com o decorrer do tempo

Tabela 2 – Mudanças de composição mineralógica de amostras da composição 5 da Tabela 1 durante a cura

Os dados da Tabela 2 confirmam que nos difratogramas com o tempo de hidratação e cura aparecem minerais de duas modificações cristalinas de Kornerupine – Mg₃Al₆(Si_{0.8}Al_{0.2})₅O₂₁(OH) e Fe₄Mg₁₀Al₂₅(Si,B)₁₈O₈₆ e Tobermorite – (CaO)_xSiO₂.H₂O. E há um aumento na intensidade dos picos de Calcite – CaCO₃. Além de ser bem visível também o crescimento do teor de materiais amorfos, especialmente comparando os difratogramas de material seco e o material com 60 dias de cura.

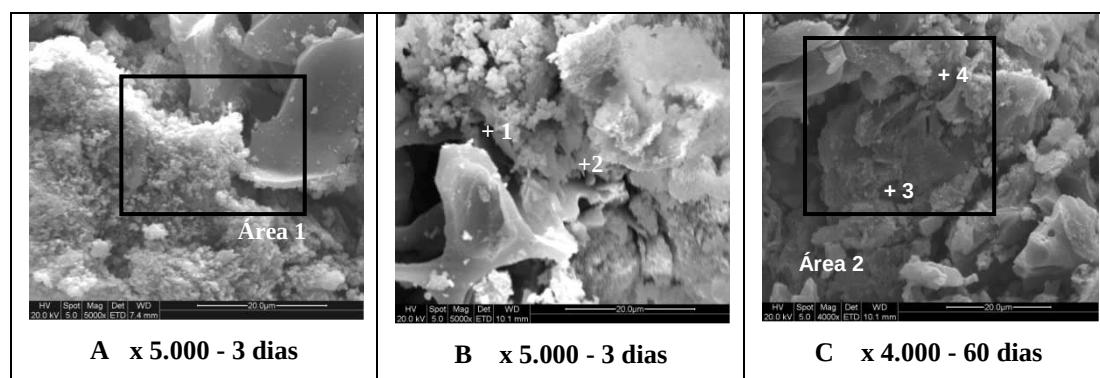


Figura 2 – Micrografias com EDS da composição 5 da Tabela 1 durante a cura

O resultado da MEV permite observar no 3º dia ainda há pedaços de estrutura de cinza. Na Figura 2 – C no 60º dia já aparecem estruturas relativamente monolíticas, com o tempo está adquirindo maior resistência e as partículas estão reagindo e se interligando.

O fato de haver poucas e pequenas trincas serve de apoio para esta afirmação.

Na área 1 e 2 das micrografias representadas pelas Figuras 2 – A, B e C foi realizada a micro-análise química de EDS no idade de 3 e 60 dias, e seus resultados estão apresentados na Tabela 3.

Idade, Dias	Áreas e Pontos	C	O	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Total
3	Área 1	46,76	25,98	9,20	1,79	1,03	0,32	13,96	0,97	100
3	Ponto 1	9,85	37,97	7,60	0,71	0,35	0,22	42,65	0,66	100
3	Ponto 2	25,30	15,86	5,69	2,25	1,82	0,70	44,62	3,75	100
60	Área 2	46,24	14,69	14,93	2,66	3,96	0,74	15,24	1,54	100
60	Ponto 3	47,29	22,29	19,90	1,56	-	0,23	8,18	0,56	100
60	Ponto 4	43,43	26,01	11,83	2,08	-	0,38	15,2	1,07	100

Tabela 3 – Análise de EDS da área geral da micrografia do corpo de prova em 3 e 60 dias

Comparando os valores de composição química das Áreas 1 e 2 através de EDS é possível confirmar grande diferença de teores de Mg, Al e Si, característica de substâncias amorfas. Já na comparação química dos diferentes pontos destas áreas, a diferença de teores de praticamente todos os elementos observados é muito maior. Esta informação confirma alto teor de materiais amorfos, de acordo com os resultados de DRX.

4. Conclusão

A partir desta pesquisa pode-se afirmar que o processo industrial de produção de painéis de MDF pode ser aperfeiçoado, com o uso de técnicas de reaproveitamento de resíduos.

Trabalhos similares de reaproveitamento de resíduos industriais para novos materiais para a construção civil têm sido desenvolvidos com excelentes resultados (TEIXEIRA e BIDONE, 1999; WIEMES, 2003; OLIVEIRA e HOLANDA, 2004; CENDOFANTI, 2005; CORRÊA, 2005; CORRÊA e MYMRINE, 2007; BORGO, 2007; BORGO e MYMRINE, 2007; MENEZES *et al.*, 2007; MYMRINE e PONTE, 2008).

Os resíduos industriais usados nesta pesquisa (lodo físico-químico e cinzas de biomassa da indústria de painéis de MDF e resíduos de indústria de cal) podem ser usados como matérias-primas principais para a produção de novos materiais de construção civil, sem queima e sem cimento *Portland*.

Os materiais desenvolvidos possuem boas propriedades mecânicas: alta resistência à compressão uniaxial (até 8,37 MPa), coeficiente de resistência à água (0,60 - 0,82 no 60º dia e 0,62 e 0,85 no 90º dia), absorção de água (0,77 - 1,61 no 60º e 0,86 - 1,65 no 90º dia) e dilatométrica (0,93 e 2,35 % no 90º dia). Estas características estão de acordo com as demandas de NBRs para materiais de construção civil de tipo tijolos maciços ou furados.

Estes altos valores de propriedades mecânicas podem ser explicados pelo surgimento de novas formações, através de dissolução de alumi-silicatos das matérias-primas iniciais em ambiente úmido e alcalino proveniente da mistura das mesmas, e especialmente pelo crescimento de estruturas carbonáceas amorfas e cristalinas.

Os materiais desenvolvidos são economicamente atrativos devido ao baixo custo dos resíduos industriais usados. E a maior vantagem de seu uso é ambiental por diminuir a extração de matérias-primas naturais e utilização de resíduos industriais acima citados, evitando a contaminação do meio ambiente pela má disposição dos mesmos.

Diante dos resultados analisados ficou comprovada a possibilidade da aplicação de reaproveitamento para o lodo físico-químico de ETE de produção de painéis de MDF.

Se for praticado este reaproveitamento no campo industrial o maior ganho será na área ambiental, uma vez que o uso de resíduo industrial como matéria-prima é a forma adequada para evitar contaminação do Meio Ambiente e redução da extração de recursos naturais.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7170: *Tijolo maciço cerâmico para alvenaria*. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7171: *Blocos cerâmicos para alvenaria*. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6453: *Cal virgem para construção civil – Requisitos*. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10.007: *Amostragem de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 2004.

BORG, S. C. *Minimização e Reciclagem de lodo galvânica e poeira de jateamento*. 141 f. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BORG, S.C.; MYMRINE, V. *Galvanic processes wastes recycling for producing of ceramic materials*. Resources, conservation & recycling, Vol. 38, p. 137, 2007.

CENDOFANTI, A. C. *Minimização de resíduos de uma fábrica de carvão ativado e de goma resina*. 96f. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CORRÊA, S. M. *Compósito à base de resíduos de concreto e resíduos de produção de cal*. 107 f. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CORRÊA, S. M.; MYMRINE, V. *New construction material from concrete production wastes and lime production waste*. Construction and Building Materials. v. 21, p. 578-582, 2007.

CRITTENDEN, B.; KOLACZKOWSKI, S. *Waste minimization: a practical guide*. Rugby: Institution of Chemical Engineers, 81p., 1995.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP. Resolução SEMA nº 042/08 – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em:
<http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO_SEMA_42_2008_QUEIMA_RESIDUOS_CALDEIRAS.pdf>. Acesso em 06 set. 2016.

MENEZES R. R.; ALMEIDA, R. R.; SANTANA, L. N. L.; FERREIRA, H. S.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. *Utilização do resíduo do beneficiamento do caulim na produção de blocos e telhas cerâmicos*. Revista Matéria, v.12, n.1, p. 226-236, 2007.

MEYER, S.A.S. *Aproveitamento de água residuária tratada e lodo físico-químico provenientes da produção de painéis de MDF*. 156f. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MYMRIN, V.; MEYER, S.A.S.; ALEKSEEV, K.P.; PAWLOWSKY, U.; FERNANDES, L.H.; SCREMIM, C.B.; CATAL, R.E. *Manufacture of a construction material using the physicochemical properties of ash and sludge wastes from MDF board production*. Construction & Building Materials, Vol. 50, p. 184-189, 2014.

MYMRINE, V.; PONTE H.A. *Utilização de resíduos industriais como matérias-primas principais de produção de materiais de valor*. 31º Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Santiago de Chile: p. 12-15, 2008.

OLIVEIRA, G. E.; HOLANDA, J. N. F. *Reaproveitamento de resíduo sólido proveniente do setor siderúrgico em cerâmica vermelha*. Cerâmica, n.50, p.75-80, 2004.

PAWLOWSKY, U. *Reaproveitamento de resíduos industriais*. Curitiba: SUREHMA, p. 65, 2010.

PRIM, E.C.C.; CHERIAF, M.; CASTILHOS, A.B.; ROCHA, J.C.; LUZ, C.A. Valorização do lodo da indústria têxtil como material de construção civil utilizando a técnica de solidificação/ estabilização com cimento. In: Anais do XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Lima, Peru, 1998.

SEIFFERT, M.E.B. *Sistemas de Gestão Ambiental (SGA – ISO 14001): Melhoria contínua e produção mais limpa na prática e experiência de 24 empresas brasileiras*. 1ª Ed. Ed. Atlas. São Paulo-SP. 2011.

SOLYON, G.J.P. *Minimização e Reaproveitamento de resíduos de uma indústria de tintas e impressão de papéis decorativos*. 143 f. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

TEIXEIRA, E. N.; BIDONE, F. R. A. *Conceitos básicos*. In: *Metodologias e técnicas de reutilização de resíduos sólidos urbanos*. Programa de pesquisas em saneamento básico – PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, p. 15-21, 1999.

WIEMES, L. *Minimização de resíduos no processo de pintura da indústria automotiva*. 102 f. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.