

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Estudo sobre a viabilidade técnica da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil em Sinop-MT

Ariany Cardoso Pereira, Universidade Federal de Minas Gerais,
eng.arianycardoso@gmail.com

Resumo

O ramo da construção civil representa uma fonte significativa de resíduos, enfrentando desafios na disposição adequada destes materiais. Este estudo avaliou a viabilidade técnica de implementar uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) em Sinop, Mato Grosso. Para isso, foram levantadas informações sobre o volume e a composição dos resíduos gerados, os equipamentos necessários para a usina e os custos associados. Os resultados demonstraram que uma usina estabelecida em Sinop teria a capacidade de produzir RCC a uma taxa de 14 toneladas por hora, ocupando uma área de 5.000 m². O custo estimado para implementação foi de R\$ 2.437.000,00, com um custo operacional mensal de R\$ 29.156,86. Concluiu-se que o projeto é viável do ponto de vista técnico, pois a cidade possui capacidade produtiva adequada e os custos estão alinhados com os praticados no Brasil para a instalação de uma usina de reciclagem. É importante ressaltar que o custo do terreno representa 72% do investimento total.

Palavras-chave: NBR 15114:2004; RCC; Impacto ambiental; Classificação de resíduos; Sustentabilidade.

1. Introdução

A construção civil é um dos setores mais significativos globalmente, por sua capacidade de transformar espaços para múltiplos fins, porém, gera uma quantidade considerável de resíduos. A disposição final destes resíduos é um desafio central para o setor, sendo comum no Brasil o descarte em locais inadequados, sem qualquer tratamento.

Sinop, um município em notável crescimento populacional e econômico, reflete esse avanço especialmente na construção civil. O aumento da população e o incentivo à habitação resultam em um número crescente de construções, evidenciado pelo elevado número de alvarás emitidos que, segundo a Secretaria de Projetos e Desenvolvimento Urbano, contabilizou 2.734 alvarás nos últimos 12 meses. ampliando assim a geração de resíduos.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Para lidar com essa questão, é necessário um sistema de gestão que vise reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos, devolvendo-os ao mercado como novos materiais para minimizar o desperdício e preservar o meio ambiente. Uma alternativa adotada por muitas cidades brasileiras é a instalação de Usinas de Reciclagem de Entulhos (URE), que permite o reaproveitamento desses resíduos, gerando benefícios socioeconômicos e ambientais para a região.

Este estudo tem como objetivo analisar a viabilidade técnica da implementação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) em Sinop - MT. Para isso, são necessários dados para avaliar viabilidade, como identificar o volume e a tipologia dos resíduos, determinar a capacidade de produção, definir o tamanho e a área necessária para a usina, além de identificar os equipamentos e requisitos essenciais. Também se propõe calcular a mão de obra operacional e os custos de instalação para reciclar os resíduos na indústria da construção civil.



2. Fundamentação teórica

2.1 Definição e Classificação de Resíduos

Segundo a ABNT NBR 10004 (2004), os resíduos sólidos são classificados quanto aos riscos ao meio ambiente e à saúde pública. Estes resíduos são originários de atividades domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição, além de resíduos de lodos do tratamento de água, de equipamentos e instalações de controle de poluição, e líquidos com particularidades inviáveis para descarte em redes de esgoto.

Os resíduos sólidos urbanos, excluindo resíduos perigosos industriais, hospitalares, sépticos, aeroportuários e portuários, podem ser classificados conforme sua origem. No Brasil, a definição de resíduos da construção civil, segundo o CONAMA, na Resolução nº 307 (BRASIL, 2002), abrange materiais provenientes de construções, reformas, reparos, demolições e escavações, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto, solos, rochas, metais, madeira, entre outros. Esses resíduos são classificados em quatro categorias:

- Classe A: Resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados para pavimentação e obras de infraestrutura, componentes cerâmicos, concreto, e peças pré-moldadas de concreto.
- Classe B: Resíduos recicláveis para outras finalidades, como plásticos, papel, papelão, metais, vidro, madeira e gesso.
- Classe C: Resíduos sem tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para reciclagem.
- Classe D: Resíduos perigosos, como tintas, solventes, óleos, telhas de amianto, provenientes de construção ou prejudiciais à saúde.
- Os resíduos das classes A e B podem ser reutilizados ou reciclados, enquanto os das classes C e D devem seguir normas técnicas específicas para armazenamento, transporte e destinação.

No Brasil, após quase duas décadas de debates e em meio a uma situação que estava fora de controle, o governo federal promulgou a Lei 12.305 em 2010, estabelecendo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Essa legislação serve como um marco regulatório que

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

visa à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos, inicialmente definindo um prazo de quatro anos para a disposição final adequada dos rejeitos. A responsabilidade pela gestão desses resíduos gerados nos municípios foi atribuída às administrações municipais.

No entanto, mesmo após o vencimento do prazo inicial em 2014 para que os municípios se adequassem à nova legislação, dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) indicam que mais da metade das cidades do país, aproximadamente 53%, ainda não atenderam às obrigações legais.

Para reverter esse cenário, é crucial, sob a perspectiva da gestão integrada e do gerenciamento de resíduos, adotar tecnologias que promovam o desenvolvimento sustentável e ofereçam oportunidades de resgatar e aumentar o valor dos resíduos, aproveitando-os antes de enviá-los para os aterros sanitários.

2.2 Usina de Reciclagem

No planejamento da gestão de resíduos, as usinas de reciclagem surgem como uma solução para reduzir os resíduos gerados. Prefeituras têm adotado a reciclagem de entulhos em usinas específicas, conforme Zordan (1997). Uma usina de reciclagem é composta por equipamentos que beneficiam os RCC classe A. O espaço físico inclui áreas de estocagem, recebimento, manuseio, armazenamento, acesso para veículos e área administrativa (CUNHA, 2007).

O beneficiamento dos resíduos pode ser realizado em usinas fixas, semimóveis e móveis. As instalações fixas são mais permanentes e complexas, com capacidade de produção diversificada e de melhor qualidade, exigindo um alto investimento de capital e área significativa para sua instalação (Cairns *et al.*, 1998). Já as instalações semimóveis são mais simples, práticas, de fácil instalação e são comumente utilizadas em empreendimentos de médio prazo. Estas instalações são construídas sobre base de estrutura metálica, possuem baixa altura e facilitam montagem, manutenção e transporte dos materiais.

As instalações móveis são recomendadas para empreendimentos que demandam mobilidade constante e um tempo mínimo para montagem. Elas eliminam os custos e inconveniências associados a montagens, desmontagens e transporte frequentes. Geralmente, são empre-

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

gadas em serviços como manutenção de estradas, prospecção geológica e exploração de jazidas distribuídas em áreas específicas.

Leite (2001) classifica os sistemas de reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC) com base na eliminação de contaminantes. Ele descreve três gerações de plantas:

- Plantas de Primeira Geração: exigem métodos de eliminação de metais;
- Plantas de Segunda Geração: similares às de primeira geração, com sistemas mecânicos ou manuais para eliminar contaminantes;
- Plantas de Terceira Geração: proporcionam a remoção quase completa de materiais contaminantes dos agregados reciclados, independentemente de pertencerem à Classe A.

Ao conceber usinas de produção de agregados reciclados, é crucial considerar, entre outras coisas, a capacidade operacional dos equipamentos a serem selecionados dentre a variedade disponível no mercado (Leite, 2001).

De acordo com Brito Filho (1999), citado por Leite (2001), a implantação de usinas de agregados reciclados requer considerar três conceitos fundamentais:

- O volume de RCC Classe A gerado, suscetível de reciclagem;
- O tipo de material produzido e a sua aplicação pretendida;
- A localização da unidade de beneficiamento.

Segundo Boscov (2008), o processo de reciclagem se assemelha ao beneficiamento de minérios e compreende operações como:

- Concentração: separação de componentes por catação, atração magnética, ou densidade;
- Cominuição: redução de tamanho por britagem ou moagem;
- Peneiramento: classificação granulométrica por meio de peneiras ou classificadoras;
- Operações auxiliares: transporte, secagem e homogeneização.

A ABNT (2004) estabelece requisitos mínimos para projetar, implantar e operar áreas de reciclagem de RCC Classe A. A norma orienta que o local utilizado deve minimizar o impacto ambiental, ser aceitável pela maioria da população local e em conformidade com a legislação ambiental e de uso do solo.

A área de reciclagem, conforme a ABNT (2004), deve ser cercada, ter o acesso, ser protegida de aspectos de vizinhança e ventos predominantes, ser coberta para uso em qualquer condição climática e ter sistema de drenagem para escoamento de águas. Além disso, deve

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

prever áreas específicas para resíduos não recicláveis e não aceitar materiais de origem ou composição desconhecida, exigindo triagem na fonte geradora ou em outra etapa.

Equipamentos de proteção individual, contra descargas atmosféricas e para combate a incêndios também devem ser providos na área de reciclagem, de acordo com as diretrizes da norma da ABNT (2004).

2.3 Principais aplicações

De acordo com Marques Neto (2005), os principais usos do material reciclado proveniente de Resíduos da Construção Civil (RCC) são os seguintes:

- **Uso em pavimentação:** O material reciclado pode ser utilizado em forma de brita ou misturado com solo para bases, sub-bases e revestimentos primários de pavimentação. Essa aplicação oferece vantagens como menor necessidade de tecnologia e custos operacionais reduzidos.
- **Utilização como agregados de concreto:** Os agregados reciclados podem ser empregados em concretos não estruturais em uma proporção de até 20%, sem afetar a resistência mecânica e a durabilidade do concreto. São aplicados em blocos, meio-fio e outros materiais não estruturais.
- **Utilização como agregado para argamassas:** Os agregados reciclados são utilizados em argamassas de assentamento e revestimentos internos e externos, como chapisco, emboço e reboco. Esta aplicação traz benefícios, como a redução nos custos de transporte, consumo de cimento e cal, além de aumentar a resistência à compressão.

Contudo, para que os resíduos reciclados sejam utilizados como matéria-prima, é essencial que apresentem desempenho compatível com sua aplicação. Atualmente, diversos estudos sugerem que é viável reciclar resíduos gerando matéria-prima para a construção civil de qualidade comparável aos materiais naturais.

Em Sinop, foram realizadas várias pesquisas na Universidade do Estado de Mato Grosso no curso de Engenharia Civil com o objetivo de fazer o levantamento da disponibilidade de resíduos, a possibilidade de reutilização desses resíduos como parte de agregados do concreto, para produção de telhas, blocos e material granular de pavimentação, obtendo boa perspectiva para reutilização dos resíduos de construção dentro do próprio setor.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Na cidade de Sinop, resíduos de construção já foram reempregado em um grande empreendimento do Minha Casa Minha Vida como agregado na fabricação de concreto de baixa resistência à compressão pela Empresa Sisan Engenharia, substituindo 50% da areia média.

2.4 Equipamentos

Geralmente, os equipamentos utilizados na reciclagem de resíduos de construção são provenientes do setor de mineração e são adaptados ou utilizados na reciclagem (Lima, 1999). Os principais são:

- Alimentador Vibratório: equipamento de alimentação linear com baixa vibração, composto por uma mesa vibratória revestida com placas de desgaste de aço manganês. É essencial para a separação prévia de fragmentos menores e oferece vantagens como alta segurança de funcionamento, controle da alimentação, baixo custo de manutenção e variação de fluxo.
- Britador Primário: utilizado para britagem primária, possui câmara de impacto onde o material é triturado por meio do choque de barras fixadas por um rotor e placas fixas. Possui alta produtividade e robustez, mas é menos sensível a materiais não britáveis, como madeira e barras de aço.
- Transportador de Correia: composto por partes padronizadas, é de fácil manutenção e pode ser adaptado a plantas de britagem móveis ou fixas. Sua instalação pode ser horizontal ou inclinada, dependendo dos materiais transportados.
- Peneiras Vibratórias: dispostas em decks para a separação do material de acordo com sua granulometria. Utilizadas para gradação e peneiramento de materiais em setores como minerais, pedreiras e materiais de construção.
- Extrator de Metal: usado para a remoção de material ferroso dos resíduos a serem triturados.

2.5 Processamento da URE

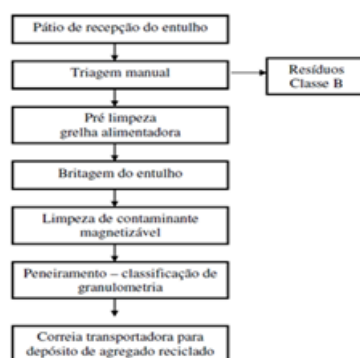


Figura 1. Processamento da URE. Fonte: Manfrinato, 2008.

Os resíduos chegam à usina e são descarregados em montes separados de acordo com uma pré-seleção. Passam por uma triagem manual para retirar materiais como vidro, plástico e metais. O material depositado é umedecido para reduzir a poeira durante o processo de britagem.

Com o auxílio de uma pá carregadeira, o material é transportado até a primeira etapa de processamento, onde é despejado em um alimentador vibratório. Este equipamento possui uma grade para a separação de materiais indesejados. Em seguida, o material passa por uma esteira de triagem, onde catadores removem todos os materiais que não podem ser reciclados.

Após essa etapa, o material é enviado ao britador, e apenas os resíduos de Classe A permanecem, passando por outra esteira de triagem para remover os metais ferrosos menores, usando um separador magnético. Após essa separação, o resíduo cai por gravidade em uma peneira vibratória inclinada para separar o material a ser reutilizado de acordo com a granulometria, seguindo para armazenamento.

3. Metodologia

Devido às péssimas condições em que se encontra o depósito municipal de resíduos secos na cidade de Sinop, a pesquisa de campo planejada para o levantamento quantitativo do volume e o estudo qualitativo de caracterização dos resíduos de construção civil não pôde ser

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

realizada. Para determinar o volume de resíduos gerados pelo município utilizaram-se dados disponibilizados pela prefeitura.

Para a caracterização qualitativa dos resíduos, foram conduzidas pesquisas de campo em três obras da cidade de Sinop. Nestes locais, foram coletadas cinco amostras aleatórias de aproximadamente 20 quilos em cada obra, totalizando cerca de 100 quilos de material. Posteriormente, esse material foi selecionado, classificado e pesado, permitindo a separação daquele adequado para reciclagem.

Através de pesquisa bibliográfica, foram obtidas informações de municípios que já possuem usinas de reciclagem similares, servindo como base para determinar o tamanho e a área necessária para as instalações.

Com base nos levantamentos quantitativo e qualitativo, foi realizada uma busca bibliográfica e obtidas informações junto a empresas especializadas no setor, referentes aos equipamentos necessários para o processamento dos resíduos.

Além disso, foram realizadas pesquisas de preços por meio de orçamentos obtidos via e-mail ou contato telefônico com empresas que comercializam os equipamentos essenciais para a instalação da usina.

Através de exemplos de outras cidades que já implantaram usinas com o mesmo propósito, foi possível determinar a quantidade de mão de obra necessária para formar uma equipe de operação.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

4. Resultados

Para avaliar a viabilidade da instalação de uma usina, é crucial compreender o potencial gerador de resíduos na cidade, especificamente a quantidade de Resíduos da Construção Civil (RCC) produzidos pelo município. Esse conhecimento é essencial para dimensionar a área, capacidade, equipamentos e mão de obra necessários para todo o processo.

De acordo com dados fornecidos, o volume de resíduos depositados no depósito de resíduos secos em Sinop-MT é de 246,24 toneladas por dia (t/d), o que se traduz em aproximadamente 1,25 kg/hab.dia, considerando uma população de 196.067 habitantes (IBGE, 2022).

Entretanto, é importante destacar que este número engloba uma variedade de materiais presentes no total de resíduos secos, os quais não podem ser classificados como resíduos recicláveis da construção civil. Frequentemente, caçambas encaminhadas para o depósito contêm outros materiais, como lixo doméstico, utensílios e resíduos de poda e capina.

Há poucos dados disponíveis na literatura sobre a proporção desse material que consiste em RCC, mas estima-se que esteja entre 40% e 60%. Neste estudo, adotou-se o valor de 50%. Dessa forma, a quantidade de resíduos da construção civil passíveis de reciclagem em Sinop deve ser de 123,12 t/d, o que corresponde a 0,63 kg/hab.dia. Esse valor está próximo da faixa encontrada por PINTO (2001), variando entre 0,66 a 2,43 kg/hab.dia, ao analisar a geração per capita de resíduos em cinco municípios brasileiros com populações entre 200 mil e 1 milhão de habitantes.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito



Figura 2. Depósito de resíduo seco de Sinop. Fonte: AUTOR, 2023.

Também é compatível com os dados levantados por Xavier e Rocha (2001) para municípios brasileiros e por John e Agopyan (2005) para alguns países, mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Geração de RCC no Brasil e no mundo

Município	População (hab.)	Geração de RCC (kg/hab.dia)
São José do Rio Preto-SP	323.627	2,12
Florianópolis-SC	285.281	2,23
Campinas-SP	850.000	1,48
Suécia	-	1,86
Estados Unidos	-	1,60
Bélgica	-	4,27

Fonte: Autor, 2023.

A caracterização do RCC gerado na cidade foi feita analisando-se o resíduo gerado em três obras da cidade, sendo os resultados apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4 correspondentes às Obras 1, 2 e 3 respectivamente. As Figuras Figura 3 a Figura 5 mostram o material analisado. Ressalta-se que este material analisado corresponde aos 50% estimados anteriormente, ou seja, a um material que já tenha passado por uma pré-triagem.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

A caracterização do RCC gerado na cidade foi feita analisando-se o resíduo gerado em três obras da cidade, sendo os resultados apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4 correspondentes às Obras 1, 2 e 3 respectivamente. As Figura 3 a Figura 5 mostram o material analisado. Ressalta-se que este material analisado corresponde aos 50% estimados anteriormente, ou seja, a um material que já tenha passado por uma pré-triagem.

Tabela 2. Classificação RCC - Obra 1

Amostra	Peso (kgf)	Cerâmica (kgf)	Concreto (kgf)	Ferro (kgf)	Madeira (kgf)	Outros (kgf)
1	19,00	3,70	7,85	0,59	1,05	5,81
2	20,20	4,70	7,00	0,00	0,40	5,10
3	16,16	2,60	8,00	4,20	1,80	0,00
4	22,12	4,47	8,30	0,95	1,10	7,30
5	21,10	2,90	11,00	0,00	1,20	6,00
Total	99,02	18,37	42,15	5,74	5,55	27,21

Fonte: Autor, 2023.



Figura 3. Classificação RCC - Obra 1. Fonte: Autor, 2023.

Tabela 3. Classificação RCC - Obra 2

Amostra	Peso (kgf)	Cerâmica (kgf)	Concreto (kgf)	Ferro (kgf)	Madeira (kgf)	Outros (kgf)
1	22,31	10,59	10,08	0,00	1,64	0,00
2	20,50	7,34	7,76	0,00	4,45	0,95
3	20,18	7,44	2,09	0,00	0,00	10,65
4	19,52	7,10	0,00	2,03	4,19	6,20
5	20,29	7,81	7,41	0,00	0,00	5,07

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Total	102,80	40,28	27,34	2,03	10,28	22,87
-------	--------	-------	-------	------	-------	-------

Fonte: Autor, 2023.



Figura 4. Classificação RCC - Obra 2. Fonte: Autor, 2023.

Tabela 4. Classificação RCC - Obra 3

Amostra	Peso (kgf)	Cerâmica (kgf)	Concreto (kgf)	Ferro (kgf)	Madeira (kgf)	Outros (kgf)
1	19,65	5,85	3,40	0,00	1,91	8,49
2	21,37	3,34	5,87	0,81	0,86	10,49
3	18,96	3,81	6,22	1,07	1,30	6,56
4	19,60	1,82	8,16	0,62	2,27	6,73
5	23,68	2,77	9,64	0,00	1,43	9,84
Total	103,26	17,59	33,29	2,50	7,77	42,11

Fonte: Autor, 2023.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito



Figura 5. Classificação RCC - Obra 3. Fonte: Autor, 2023.

Calculando-se a média dos resultados das três obras têm-se os quantitativos mostrados na Figura 6.

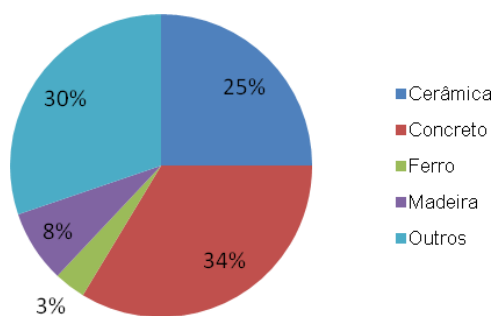


Figura 6. Classificação RCC de Sinop. Fonte: Autor, 2023.

Verifica-se que o material que pode ser utilizado para a reciclagem de resíduos sólidos da construção civil (Classe A) é de aproximadamente 89% em peso do material analisado. Os materiais aqui classificados como Outros (30%) são basicamente solo e areia que são materiais passíveis de reciclagem e ainda materiais como papel e plástico podem ser desconsiderados por apresentarem baixo peso.

A partir desses dados tem-se que a geração de resíduos recicláveis em Sinop é de aproximadamente 110 t/d e, portanto, a capacidade produtiva da usina seria de 14 t/h, considerado o tempo de funcionamento diário de 8 horas.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Na literatura observou-se que esta composição está em conformidade com a de outras localidades. Em Salvador-BA a composição do material a ser reciclado é de 94% (WANDERLEY E ARAUJO, 2018); em Vitória-ES é de 80% (SENAI, 2023); em Lençóis Paulista-SP de 89% (MANFRINATO, 2008); em Recife-PE de aproximadamente 87% (NUNES *et al*, 2019), portanto, legítima a pesquisa realizada em Sinop.

Para estimativa da área da usina utilizaram-se dados da literatura. Jadovski (2005) realizou pesquisa extensa sobre as usinas de reciclagem no Brasil, e realizou visita técnica em diversas cidades onde existem usinas em operação. Segundo estes estudos a área requerida para usina de reciclagem pode ser obtida em função da capacidade de produção. Assim, para uma capacidade de 10 t/h a área requerida seria de 5.000 m²; para uma produtividade de 20 t/h uma área de 6.500 m² e para uma capacidade de produção de 30 t/h seria necessário uma área de 8.000 m². Considerando estes dados a área de uma usina com capacidade de produção de 14 t/h seria de 5.600 m².

Segundo a Revista Infraestrutura Urbana (PINI, 2022), no Estado de São Paulo, a cidade de Guarulhos possui uma usina com área total de 10 mil m², e capacidade de produção de 45 t/h; já a cidade de Mauá, possui um espaço de 2 mil m² e capacidade produtiva de cerca de 1 t/h 10 mil m² de área e ainda, em Vinhedo-SP, a capacidade de produção é de 15 t/h instalada em uma área de 3 mil m². Com estes dados pode-se estimar a área da usina como mostrado na Figura 7.

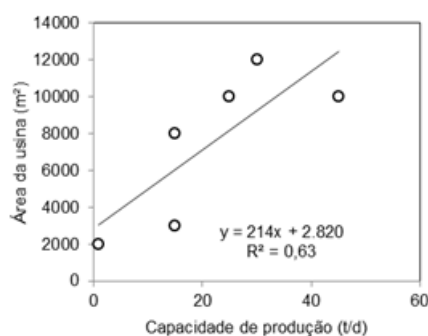


Figura 7. Área de usina de reciclagem de RCC em função da capacidade de produção.

Neste caso obtém-se uma área de 5.800 m², mas devido o alto preço de terrenos em Sinop optou-se por uma área de 5.000 m².



Na determinação da mão de obra necessária para operar a usina de reciclagem foi levado em conta os dados que seguem. Em Vinhedo-SP, a equipe de operação é composta por quatro funcionários, sendo estes divididos em um operador do trator, um operador do britador e dois operários. O município de Socorro-SP tem uma usina de reciclagem privada com capacidade produtiva de 10 t/h, e conta com cinco funcionários (JADOVSKI, 2005).

A usina de reciclagem instalada em Piracicaba-SP segundo Jadovski tem equipe de produção composta por quatro funcionários. Júnior (2003), em estudo realizado na cidade de Governador Valadares-MG, concluiu que seriam necessários oito funcionários, sendo eles, cinco auxiliares de triagem, um operador de britagem, um operador de máquina e um auxiliar de manutenção. Já em Lençóis Paulista-SP, onde foi realizado o mesmo tipo de estudo, a capacidade de produção seria de 25 t/h e seriam necessários quatro funcionários para operação dos equipamentos e um operador de máquina pá-carregadeira.

Embasados nestes exemplos, para a cidade de Sinop com a implantação da usina de reciclagem com capacidade de 14 t/h, seriam necessários cerca de três funcionários para triagem e, um funcionário para operar a pá-carregadeira e ainda, um operador dos equipamentos.

Com os dados da capacidade de processamento da usina foi levantado junto a empresas especializadas que fabricam, comercializam e prestam consultoria para implantação deste tipo de indústria os equipamentos necessários para processamento.

Os equipamentos necessários seriam: alimentador vibratório, britador primário, peneira vibratória, transportador de correias, imã magnético.

O custo de implantação da usina foi composto pelo custo da aquisição de equipamentos; o custo de obras civis, como: terraplenagem, construção de galpão coberto, da administração, de cercamento e custo de aquisição do terreno. E ainda, foram considerados os custos operacionais como energia elétrica, água e mão de obra.

As Tabelas Tabela 5 e Tabela 6 mostram os valores obtidos com os orçamentos dos equipamentos.

Tabela 5. Orçamento equipamentos

Equipamento	Empresa	Empresa	Empresa	Empresa
	01	02	03	04
	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)
Alimentador Vibratório	-	-	51.200,00	86.257,50

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Britador primário	85.800,00	-	-	50.000,00
Transportador de correia	-	-	-	71.390,00
Peneiras Vibratórias	-	-	35.700,00	66.584,00
Extrator de Metais	-	-	-	-
Total		196.000,00		274.231,50

Fonte: Autor, 2023.

Tabela 6. Orçamento da pá carregadeira

Equipamento	Empresa 05 (R\$)	Empresa 06 (R\$)	Empresa 07 (R\$)
Pá carregadeira	200.000,00	230.000,00	245.000,00

Fonte: Autor, 2023.

Ainda, foi feito orçamento dos demais itens que compõem o custo de implantação, Tabela 7, a partir diversos meios como: a Tabela de Composição de Preços para Orçamento (TCPO); a Tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI); Tabela de custos da Secretaria de Infraestrutura do Estado de Mato Grosso (SINFRA); método de custos utilizado por Jadovski (2005) e ainda; orçamento junto ao comércio local.

As obras civis como: terraplenagem, serviços preliminares, construção do galpão em estrutura metálica com cobertura em telha termoacústica de 300 m², da administração com 25 m², dos banheiros com área de 10 m² e de obras de contenção de cercamento, os valores foram extraídos da Tabela de custos da Secretaria de Infraestrutura do Estado de Mato Grosso (SINFRA).

O custo do terreno foi obtido através de pesquisa nas imobiliárias da cidade, onde foi determinado um valor médio de R\$ 350,00/m², de terreno localizado no setor industrial, totalizando 1.750.000,00 R\$.

O custo da energia elétrica foi calculado em função do consumo dos equipamentos instalados. De acordo com as informações obtidas junto aos fabricantes, apresentam consumo de



aproximadamente 75 kWh. Considerando o custo de R\$ 1,38/kWh, segundo dados da Centrais Elétricas Mato-grossense (Cemat) o custo horário de funcionamento da usina seria de R\$ 103,50.

Segundo Jadovski (2005), o consumo de água pode ser calculado em função da capacidade da usina, conforme a Equação 1.

$$C_{\text{Máguas}} = 0,08 \cdot C_p \cdot C_{\text{água}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$C_{\text{Máguas}}$ - custo mensal de água (R\$/mês)

C_p - capacidade de produção (t/mês)

$C_{\text{água}}$ - custo unitário da água (R\$/m³)

Considerando-se a capacidade de produção de 14 t/d e 2.464 t/mês, e o custo de R\$ 5,95/m³, adotado em função dos valores praticados pela Águas de Sinop (SAAES) o custo mensal da água será de R\$ 1.173,00.

Os salários médios da equipe e o custo de operação da pá carregadeira foram extraídos da Tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), com uma jornada de trabalho de 8 horas diárias e 22 dias por mês.

Tabela 7. Custos de implantação

Detalhamento	Qty.	Un.	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Equipamentos	01	un.	-	396.000,00 (a)
Terraplanagem	-	m ²	-	291.000,00 (b)
Cobertura	300	m ²	-	-
Administração	25	m ²	-	-
Banheiros	10	m ²	-	-
Cercamento	-	-	-	-
Terreno	5.000	m ²	350,00 (c)	1.750.000,00
Total	-	-	-	2.437.000,00

Fonte: (a) Mercado nacional; (b) SINFRA; (c) Mercado local - Autor, 2023.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Tabela 8. Custo de operação mensal

Detalhamento	Qty.	Un.	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Energia elétrica	13.200	kWh	1,38 (a)	18.216,00
Água	197,12	m ³	5,95 (b)	1.172,86
Mão de obra	704	H	11,21 (c)	7.891,84
Operação pá carregadeira	176	H	10,66 (c)	1.876,16
<u>Total</u>	=	=	=	<u>29.156,86</u>

Fonte: (a) Energisa; (b) SAAES; (c) SINAPI; CÂNDIDO, 2013.

Com base nos orçamentos, verifica-se que os custos para instalação da usina de reciclagem de resíduos aproximam-se aos praticados em outras usinas no Brasil. Os custos de implantação como equipamentos e obras civis estão em conformidade, porém, o item de maior representatividade no custo total é do terreno (72%), devido ao alto custo no mercado imobiliário local, o que encarece o custo da instalação. O custo operacional assemelha-se ao apresentado nas demais usinas.

5. Conclusões

O município gera 123 t/d de resíduo seco e através desta pesquisa com a caracterização dos materiais que compõem o resíduo, pôde-se concluir que 89%, aproximadamente 110 t/d seriam de resíduos da construção civil passíveis de reciclagem, resultando em uma usina de reciclagem com capacidade de produção de 14 t/h.

Para implantação da usina de reciclagem seria necessário uma área de 5 mil m² para abrigar as instalações dos equipamentos utilizados para processamento e ainda os serviços administrativos referentes as operações e manutenção do sistema de reciclagem.

A mão de obra necessária para operar esta usina seria de cinco funcionários, sendo estes, três funcionários para triagem, um funcionário para operar a pá-carregadeira e ainda, um operador dos equipamentos.

O custo total para implantação da usina de reciclagem para a Sinop é de R\$ 2.525.589,00, valor compatível a outras usinas implantadas no Brasil. Conclui-se que o projeto é tecnicamente viável, pois a cidade apresenta a capacidade produtiva e um custo dentro dos praticados no Brasil, para implantação de uma usina de reciclagem na cidade de Sinop, o

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

que traria um grande avanço em processos de reaproveitamento, e com isso a geração de novos negócios, novos empregos, mais renda, mais inclusão social, menos custos econômicos e ambientais e ainda, uma grande contribuição para a preservação do meio ambiente.

Verificou que em alguns municípios são utilizados espaços menores disponibilizados para o recebimento dos resíduos da construção civil de pequenos geradores, estes são recintos espalhados pelo perímetro urbano que visam incentivar os geradores a oferecer estes materiais para reciclagem, o que minimiza o descarte em locais inapropriados, estes espaços e a localização destes, devem ser estudados futuramente para melhor aproveitamento e maximização dos resultados.

6. Agradecimentos

A Deus e as instituições de fomento, em especial a CNPQ.

7. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 10.004. Resíduos sólidos - classificação - elaboração. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 15.112. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – áreas de transbordo e triagem – diretrizes para projeto, implantação e operação. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 15.113. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – aterros - diretrizes para projeto, implantação e operação. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 15.114. Resíduos sólidos da construção civil – áreas de reciclagem - diretrizes para projeto, implantação e operação. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 15.115. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – execução de camadas de pavimentação – procedimentos. São Paulo, 2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGECidades. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codigo=510790>>. Acesso em outubro de 2023.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

JADOVSKI, I. Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição. 2005. 180 f. Tese (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

LEITE, M. M. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2001. 270 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MANFRINATO, J. W. de S.; ESGUÍCERGO, F. J.; MARTINS, B. L. Implementação de usina para reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) como ação para o desenvolvimento sustentável- Estudo de caso. Universidade do Estado de São Paulo. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Rio de Janeiro, 13 a 16 de outubro de 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_077_543_10843.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2023.