

Desenvolvimento de indicadores para avaliação da sustentabilidade do gerenciamento de resíduos em canteiros de obras na Cidade do Recife

Walberlena Maria Lucena da Fonsêca

Engenheira Civil, Engenheira de Segurança do Trabalho,
Mestranda em Tecnologia Ambiental, ITEP, Recife, Brasil
walberlena@terra.com.br

Eduardo Antônio Maia Lins

Professor do Instituto Federal de Pernambuco, IFPE,
Professor da Universidade Católica de Pernambuco, UNICAP, Recife, Brasil.
eduardomaialins@gmail.com

Diogo Henrique Fernandes da Paz

Professor do Instituto Federal de Pernambuco, IFPE, Recife, Brasil.
diogo.henriquepaz@gmail.com

Daniele de Castro Pessoa Melo

Engenheira Química, Coordenadora do Mestrado em Tecnologia Ambiental,
ITEP, Recife, Brasil.
daniele.castro@itep.br

Alessandra Lee Barbosa Firmo

Engenheira Química, Professora do Instituto Federal de Pernambuco,
IFPE, Recife, Brasil.
alessandra.firmo@gmail.com

RESUMO

As atividades da construção civil promovem um incremento considerável na geração de resíduos, que impactam negativamente o meio ambiente. Embora existam tecnologias e práticas sustentáveis para o reaproveitamento destes resíduos, ainda se predomina o descarte e a destinação inadequada destes resíduos. Diante desta problemática, este artigo apresenta o desenvolvimento de indicadores para avaliar a sustentabilidade em canteiros de obras. Foram elaborados trinta indicadores de sustentabilidade referentes ao gerenciamento de resíduos sólidos em canteiros de obras, divididos em seis matrizes, relacionados ao gerenciamento de obras, controle de documentação, segregação e acondicionamento inicial de resíduos, transporte e acondicionamento final de resíduos, destinação final e gerenciamento de resíduos perigosos, fundamentados na Resolução CONAMA nº 307/2002. Os indicadores compuseram seis subíndices, para possibilitar a avaliação da sustentabilidade e a composição de um índice final de sustentabilidade. O diagnóstico do resultado por grupo de indicadores demonstra que o enfoque relativo ao transporte e acondicionamento final de resíduos obteve o maior grau de sustentabilidade pelas obras estudadas, enquanto o menor grau de sustentabilidade apresentada pelas obras foi observado na matriz de segregação e acondicionamento inicial de resíduos de construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de construção civil. Legislação ambiental. Indicadores de sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é um dos pilares da economia mundial. Para Souza (2020), este segmento favorece o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) contribuindo com o desenvolvimento econômico-social de um país através da produção de infraestrutura, redução do déficit habitacional, geração de emprego e renda. Para Marques *et al.* (2020) apesar da representatividade econômica deste setor, a construção civil promove degradação ambiental.

Menegaki e Damigos (2018) afirmam que em torno de 35% das quantidades geradas de resíduos de construção e demolição do mundo sejam direcionadas aos aterros, sem nenhum tratamento adicional. É fundamental que se determine mecanismos de gerenciamentos eficientes para reaproveitar a potencialidade destes resíduos e minimizar seu descarte.

Bovea e Powell (2016) defendem que métodos alternativos de diminuição de resíduos devem ser explorados para reduzir o desperdício nos processos de construção. De acordo com Meng *et al.* (2018) devem ser estimuladas as práticas de inserção de produtos sustentáveis nos canteiros de obras para reprimir a produção de resíduos.

A introdução de práticas sustentáveis na construção implica a possibilidade de atingir a sustentabilidade de uma sociedade (PASCHOALIN FILHO *et al.*, 2017). No paradigma do desenvolvimento sustentável, tem-se para este setor a oportunidade de incorporar técnicas de gestão que priorizem a valorização dos resíduos em detrimento do descarte.

Leal (2019) afirma que a sustentabilidade na construção civil está relacionada a visão de negócios de longo prazo, que incorpora à estratégia dos objetivos econômicos da empresa, as dimensões sociais e ambientais. Jappur e Franciscon (2018) enfatizam a busca crescente das organizações pela avaliação de sua performance por meio de indicadores de desempenho.

Para Almeida *et al.* (2020), os indicadores podem auxiliar as empresas nos processos estratégicos e no controle gerencial. Nesta perspectiva, Silva (2019) aponta que os indicadores apresentam uma importância na elaboração de instrumentos de políticas públicas e privadas, pois são ferramentas essenciais ao processo de tomada de decisões destas organizações.

Este artigo tem como objetivo desenvolver indicadores de sustentabilidade para avaliar a gestão de resíduos sólidos da construção civil de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002.

METODOLOGIA

O método exploratório descritivo foi aplicado nesta pesquisa sobre gerenciamento de resíduos de construção civil para obtenção dos indicadores de sustentabilidade em canteiros de obras no município do Recife em Pernambuco. No desenvolvimento do trabalho foram realizados os levantamentos bibliográficos acerca do tema proposto, com o objetivo de apresentar um embasamento teórico.

O desenvolvimento dos indicadores de sustentabilidade quanto ao gerenciamento dos RCD em canteiros de obras foi baseado na metodologia de Paz (2014), que formulou 15 indicadores de sustentabilidade específicos de gestão de RCD, sendo 5 indicadores relacionados à segregação dos resíduos, 5 indicadores para transporte e armazenamento e 5 indicadores para destinação final dos resíduos.

Para a presente pesquisa, foram elaborados trinta indicadores de sustentabilidade referentes ao gerenciamento de resíduos sólidos em canteiros de obras, divididos em seis matrizes, relacionados ao gerenciamento de obras, controle de documentação, segregação e acondicionamento inicial de resíduos, transporte e acondicionamento final de resíduos, destinação final de resíduos e gerenciamento de resíduos perigosos, fundamentados na Resolução CONAMA nº 307/2002.

Para cada indicador, foram atribuídos valores aos parâmetros de tendência a sustentabilidade graduada em três níveis de 0 a 1, correspondendo: positivo (+) = 1 ponto, mediano (+/-) = 0,5 pontos, e negativo (-) = 0 pontos (nenhum ponto), conforme a proposta de Paz (2014). A soma da pontuação gera os subíndices e um índice final, o Índice de Gerenciamento de Resíduos em Canteiros de Obras (IGRCO), conforme a Equação 1.

$$\text{IGRCO} = I_{go} + I_{cd} + I_{sa} + I_{ta} + I_{df} + I_{rp} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: I_{go} é o Subíndice de Gerenciamento de Obras;

I_{cd} é o Subíndice de Controle de Documentação;

I_{sa} é o Subíndice de Segregação e Acondicionamento Inicial;

I_{ta} é o Subíndice de Transporte e Acondicionamento Final;

I_{df} é o Subíndice de Destinação Final;

I_{rp} é o Subíndice de Gerenciamento de Resíduos Perigosos.

O IGRCO possibilita a analogia entre os canteiros de obra quanto a sua sustentabilidade, e permite identificar os pontos fortes e fracos em cada etapa do gerenciamento de resíduos. Destaca-se que no estudo os indicadores e índices não foram submetidos a nenhuma proposta de ponderação em suas análises de sustentabilidade.

A representação qualitativa quanto a decodificação do índice foi empregada para obter a condição de sustentabilidade dos canteiros de obra. Conforme a Tabela 1, observa-se a

gradação de sustentabilidade de cada subíndice, de modo que o grau baixo de sustentabilidade se refere a uma pontuação menor que 40% do total, enquanto o grau alto de sustentabilidade refere-se a uma pontuação maior que 80% do total. O mesmo percentual foi aplicado ao índice final do IGRCO.

Tabela 1: Grau de sustentabilidade dos subíndices

Índice de sustentabilidade (Pontuação)	Grau de sustentabilidade
0 a 1,9	Baixo
2,0 a 3,9	Médio
4,0 a 5,0	Alto

Fonte: Paz, 2014

De acordo com Cruvinel (2016), os estudos para obtenção dos índices promovem a estimativa dos pontos positivos e negativos referentes a sustentabilidade, possibilitando as empresas implementar estratégias e ações que minimizem os impactos ambientais.

A validação do IGRCO foi realizada a partir da sua aplicação em três canteiros de obras localizados em diferentes bairros na cidade do Recife. As obras foram codificadas por números de modo a não serem reconhecidas em suas áreas de atuação.

A determinação da quantidade de obras a serem analisadas ocorreu por meio de amostragem por conveniência, de acordo com o interesse das construtoras em relação à pesquisa, sendo delimitado o estudo quanto a obras habitacionais multipisos, realizado no período de setembro a dezembro de 2020. De acordo com Marotti *et al.* (2008), a amostragem por conveniência é bastante utilizada para geração de ideias em pesquisas exploratórias.

Os canteiros de obras estudados pertencem a construtoras com mais de 20 anos na área de construção no município do Recife, em Pernambuco. O perfil resumido das características destes canteiros abordados nesta pesquisa pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2: Características dos canteiros de obras

Obra	Área Construída (m ²)	Nº de pavimentos	Data inicial e final da obra	Fase da obra	Certificação ISO 14.001	Outra Certificação
1	9.873,26	4	Mar20 – Dez/21 21 meses	Estrutura	Não	ISO 9.001
2	7.012,05	16	Jan/17 – Set/21 56 meses	Acabamento	Não	PBQP-H-n ISO 9.001
3	5.859,03	19	Ago/18 – Jun/22 48 meses	Estrutura	Sim	OHSAS 18001

Fonte: Paz, 2014

A Obra 3 possui certificação ambiental pela ISO 14.001, enquanto as Obras 1 e 2 não possuem certificação ambiental. Segundo Schmidt e Osebold (2017), a ISO 14.001 proporciona diretrizes para auxiliar no gerenciamento dos aspectos ambientais dos processos de produção e minimização dos impactos ambientais.

Foi elaborado um questionário semiestruturado, baseado em normas específicas relativas aos resíduos de construção civil, Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas respectivas

atualizações, também nas referências bibliográficas, que foi aplicado *in loco*, para verificar os procedimentos e práticas de gerenciamento de resíduos empregados pelas obras.

Ressalta-se que para alcançar o objetivo da pesquisa, foi realizada ainda uma análise e verificação de relatórios técnicos e do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção (PGRCC) dos canteiros de obra, de modo a verificar a conformidade documental com as práticas de gerenciamento empregada durante o período de diagnóstico das obras.

Após o diagnóstico, os dados foram sistematizados nos indicadores do IGRCO e, a partir do resultado final do índice, foram propostas melhorias no desempenho ambiental das obras, analisando-se os pontos fortes e fracos de cada grupo temático.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação dos indicadores de sustentabilidade

Os indicadores de sustentabilidade referentes ao subíndice de gerenciamento de obras, que revelam as condutas de planejamento da minimização de resíduos, legislação ambiental e outros são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Indicadores de sustentabilidade para o Gerenciamento de Obras

Indicadores de sustentabilidade	Tendências à sustentabilidade		
	+	+/-	-
Planejamento da minimização de Resíduos (G01)	Metodologia de produção mais limpa / Técnicas de racionalização, padronização e otimização	Programas de controle e monitoramento da segregação dos resíduos	Elevado desperdício e geração de resíduos
Execução de serviços na obra (G02)	Controle da padronização e uso de equipamentos adequados para execução dos serviços / Diagnóstico das perdas no canteiro de obras	Controle da padronização e uso de equipamentos adequados para execução dos serviços.	Equipamentos inadequados para execução dos serviços.
Suprimentos / compras (G03)	Gerenciamento integrado de Compras e Estoque	Gestão de Compras e Gestão de Estoque	Gestão de Compras sem Gestão de Estoque.
Política Ambiental (G04)	Impressa para consulta no local da Obra / Divulgação por escrito / Apresentação a toda a parte interessada	Impressa para consulta no local da Obra / Apresentação aos trabalhadores no local da Obra	Não possui
Legislação Ambiental / Notas Técnicas (G05)	Atendimento dos Requisitos Legais e Notas Técnicas	Boas Práticas de Gestão ambiental na Obra	Descumprimento dos Requisitos Legais.

Fonte: Os autores

Na matriz de indicadores de sustentabilidade para o gerenciamento de obras foi estabelecido o indicador planejamento da minimização de resíduos (GO01) com a finalidade determinar o enfoque vinculado a tomada de decisão na fase de planejamento. Para Wang *et al.* (2014), a determinação do método construtivo na fase de projetos impacta positivamente nas operações de construção na obra, devido promover a minimização de resíduos.

O indicador referente a execução de serviço na obra (GO02) foi definido com a perspectiva de observar as posturas no processo construtivo e no controle de perdas no canteiro de obras. Bovea e Powell (2016) afirmam a necessidade de desenvolvimento de métodos alternativos de redução de resíduos para mitigar o desperdício nos processos de construção.

A elaboração do indicador suprimentos e compras (GO03) foi definida em função da geração de RCD resultante das perdas de materiais na gestão de compras e estoque de materiais de construção. Ajayi *et al.* (2017) destacam que a gestão eficiente da logística de materiais implica no emprego da técnica *Just in Time*, a qual é dotada de capacidade para prevenir o excesso de pedidos e o armazenamento de materiais.

A política ambiental (GO04) foi utilizada como indicador com a finalidade de obter informações quanto a comprometimento das empresas construtoras com a proteção do meio ambiente em face ao paradigma do desenvolvimento sustentável. Destaca-se que política ambiental são as intenções e princípios gerais de uma organização em relação ao seu desempenho ambiental, provendo de uma estrutura para ação e definição de seus objetivos e metas ambientais, de acordo com a NBR ISO 14.001/2015 (ABNT, 2015).

O indicador referente a legislação ambiental (GO05) e notas técnicas visa tratar do atendimento das conformidades técnicas e legais relativo à promoção da qualidade ambiental na execução das atividades e serviços das obras estudadas. Para Menegaki e Damigos (2018), o cumprimento das legislações gerais e específicas para RCD e boas práticas no canteiro de obras são fatores favoráveis a redução da geração de resíduos.

No Quadro 2 pode-se visualizar a matriz de indicadores para controle de documentação, no qual se apresenta práticas de implementação do PGRCC e formas de controle de contrato, de formação e de destinação de resíduos.

Quadro 2: Indicadores de sustentabilidade para o Controle de Documentação

Indicadores de sustentabilidade	Tendências à sustentabilidade		
	+	+/-	-
Implementação do PGRCC (CD01)	No local da Obra /Realização do Relatório Periódico compatível com as fases da Obra	No local da Obra / Não há Relatório mensal	PGRCC não está implementado
Tickets de Pesagem Manifestos e/ou Controle de Resíduos (CD02)	Documentação armazenada em meio físico e digital	Documentação armazenada em meio físico	Não há controle de tickets de pesagem
Contrato de prestação de serviços de coleta, transporte e destinação dos resíduos (cadastrado) (CD03)	Contrato com empresa registrada na EMLURB	Contrato com empresa sem registro na EMLURB	Informação indisponível / Não há contrato
Controle do Programa Formação em gestão de resíduos (CD04)	Programa para Treinamento / Capacitação de Pessoal / Treinamento periódico	Programa para Treinamento / Capacitação de Pessoal Treinamento de acordo com a necessidade	Programa Inexistente
Controle da Destinação de Resíduos Sólidos da Construção Civil (CD05)	Possui parceria com cooperativas com contrato	Doação esporádica	Não possui

Fonte: Os autores

O indicador de implementação do PGRCC (CD01) foi especificado com a finalidade de verificar a sua implementação nos canteiros de obras. E o indicador Tickets de pesagem (CD02) manifestos e/ou controle de resíduos foi estabelecido para averiguar *in loco* o atendimento legal quanto à destinação ambientalmente correta, através do controle destes documentos, que concernem ao acervo de documentação necessário no relatório final do PGRCC.

A proposta do indicador de contrato de prestações de serviço (CD03) quer seja de coleta e transporte ou destinação final foi especificado para verificar a aplicação dos procedimentos de controle quanto a documentação nos canteiros relativos ao contrato com empresas que possuam registro na EMLURB (Empresa de Limpeza Urbana do Recife), responsável pela análise e aprovação do PGRCC.

No que concerne ao indicador controle do programa de formação (CD04) em gestão de resíduos, observa-se o enfoque relativo à capacitação dos trabalhadores. Para Miranda *et al.* (2019), o treinamento dos colaboradores deve implicar numa visão holística na sua formação ao conhecimento dos resíduos relativo a suas classes e correta segregação no canteiro, como também a relevância ambiental da execução desta atividade.

A matriz de indicadores para segregação e acondicionamento inicial de resíduos sólidos e RCD pode ser observada no Quadro 3, no qual revela os enfoques relativos à coleta seletiva, sinalização, segregação, acondicionamento inicial, e monitoramento

Quadro 3: Indicadores de sustentabilidade para Segregação e Acondicionamento Inicial de RCD

Indicadores de sustentabilidade	Tendências à sustentabilidade		
	+	+/-	-
Segregação de resíduos (SA01)	Triagem na origem da geração por tipo de material de suas respectivas classes de resíduos.	Triagem na origem da geração por classes de resíduos.	Não realiza triagem na origem da geração de resíduos.
Acondicionamento inicial (SA02)	Bombonas / coletores / sacos de embalagem / sacos de rafia / Pilhas formadas separadas por classes próximas aos locais de transporte interno, nos respectivos pavimentos.	Pilhas formadas separadas por classes próximas aos locais de transporte interno, nos respectivos pavimentos.	Pilhas formadas não separadas por classes próximas aos locais de transporte interno, nos respectivos pavimentos.
Disposição de equipamentos de coleta seletiva (SA03)	De conformidade com PGRCC e compatível com as fases da Obra	Existência de dispositivos	Não possui
Sinalização (SA04)	Sinalização adequada dos locais de acondicionamento	Sinalização dos locais de acondicionamento, porém pouco visíveis	Sem sinalização dos locais de acondicionamento
Monitoramento (SA05)	Monitoramento da realização da triagem / segregação/ acondicionamento/Autonomia para ação preventiva e corretiva	Monitoramento da realização da triagem / segregação/ acondicionamento. Sem Autonomia	Não possui

Fonte: Os autores

O indicador segregação (SA01), presente na matriz dos indicadores de sustentabilidade para segregação e acondicionamento inicial de resíduos, foi elaborado com o propósito de verificar as práticas de triagem nos canteiros de obras. De conformidade com a Resolução do

CONAMA 307/2002, o gerador deverá realizar a triagem, preferencialmente na origem de sua geração.

O acondicionamento inicial (SA02) é um indicador importante quanto as práticas de manejo de resíduos, no qual se deve garantir o armazenamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando as condições de reutilização e de reciclagem. Nesta etapa, deve-se evitar que ocorram misturas de resíduos de classes diferentes, e mesmo de produtos diferentes de uma mesma classe (BITTENCOURT, 2012). Enfatiza-se que os resíduos devem ser segregados desde a sua produção, ou seja, na própria área de execução do serviço.

O indicador disposição de equipamento de coleta seletiva (SA03) e o indicador sinalização (SA04) foram propostos para verificar a distribuição de coletores de resíduos em várias áreas destes canteiros e observar o emprego da sinalização de acordo com a Resolução do CONAMA nº 275/01, também avaliar a efetividade das práticas de segregação e acondicionamento dos RCD nos canteiros.

O indicador monitoramento (SA05) foi apresentado para verificar o manejo dos resíduos no canteiro de obra quanto a estabelecer o melhor aproveitamento destes resíduos, quer seja a reutilização ou reciclagem, e destinação ambientalmente adequada, de forma a possibilitar ações preventivas em detrimentos de ações corretivas.

O Quadro 4 mostra os indicadores para transporte e acondicionamento final de resíduos, constituído por indicativos relativos a transporte interno, armazenamento final, limpeza, e transporte externo.

Quadro 4: Indicadores de sustentabilidade para Transporte e Acondicionamento Final de resíduos

Indicadores de sustentabilidade	Tendências à sustentabilidade		
	+	+/-	-
Transporte interno (TA01)	Utilização de dutos verticais e recicláveis segregados.	Uso de carrinho-de-mão ou giricas juntamente com elevador de carga ou grua no transporte manual de RCD não misturados.	Transporte de resíduos RCD misturados em carrinho-de-mão.
Armazenamento final em caçambas (TA02)	Segregação entre os resíduos de gesso, madeira e entulho.	Caçamba única sem segregação entre os resíduos de gesso, madeira e entulho.	Caçamba misturada com outros tipos de resíduos.
Armazenamento final em bags/baias (TA03)	Resíduos bem segregados / local sinalizado	Resíduos segregados / baias/bags muito cheias.	Resíduos misturados.
Limpeza (TA04)	Ausência de resíduos na proximidade da área de armazenamento de resíduos.	Existência de resíduos na proximidade da área de armazenamento / local sinalizado.	Existência de resíduos espalhados na proximidade da área de armazenamento de resíduos/ sem sinalização.

<p>Transporte externo (TA05)</p>	<p>Resíduos Classe A e C transportados em caminhão com equipamento poliguindaste ou caminhão com caçamba basculante sempre coberto com lona / Resíduos Classe B transportados em caminhão ou outro veículo de carga, desde que os bags sejam retirados fechados para impedir mistura com outros resíduos na carroceria e dispersão durante o transporte.</p>	<p>Resíduos Classe A e C transportados em caminhão com caçamba basculante não coberto com lona / Resíduos Classe B transportados em caminhão ou outro veículo de carga, não misturado com outros resíduos na carroceria / sem preocupação com a dispersão durante o transporte.</p>	<p>Transporte de mistura de resíduos de classes distintas em caminhão com caçamba basculante não coberto com lona / transportados em caminhão ou outro veículo de carga, resíduos misturados com outros resíduos na carroceria / sem preocupação com a dispersão durante o transporte.</p>
----------------------------------	--	---	--

Fonte: Os autores

O estudo do indicador referente ao transporte interno (TA01) visou observar a forma de realização desta circulação no canteiro por ser considerado um enfoque significativo na gestão de resíduos. De maneira geral, de acordo com o Cabral e Moreira (2011) para o deslocamento horizontal dos resíduos são utilizados carrinhos-de-mão e giricas, enquanto para o deslocamento vertical são utilizados elevadores de carga, grua, duto coletor de entulhos.

Os indicadores relativos ao armazenamento final dos resíduos foram especificados quanto ao seu acondicionamento em caçambas (TA02), bags e baias (TA03) com a finalidade de observar a execução deste procedimento conforme as orientações técnicas referentes a condição dos resíduos para sua destinação final. Este acondicionamento deve estar situado de modo a facilitar sua retirada e destinação final (LIMA; LIMA 2009). Também garantir que os resíduos continuem segregados e se mantendo as características necessárias para reciclagem.

O indicador limpeza (TA04) foi definido com a finalidade de evidenciar as práticas de organização e limpeza quanto ao fluxo dos resíduos nos canteiros. Estas práticas, dentro do canteiro, possibilitam positivamente o andamento dos processos construtivos, minimizando a contaminação e as perdas dos RCD advindos da obra.

No tocante ao indicador transporte externo (TA05) buscou-se evidenciar as práticas sustentáveis de remoção dos resíduos do canteiro. Considera-se transporte externo a remoção dos resíduos dos locais de origem para estações de transferências, centros de tratamento ou seu destino final (BEZERRA, 2019). O transporte externo deve ser realizado por transportadora de resíduos, as quais devem ser cadastradas pelo órgão municipal fiscalizador, EMLURB.

O Quadro 5 exhibe a matriz de indicadores para destinação dos resíduos sólidos reciclados e de construção que abrange os pontos indicativos sobre resíduos não recicláveis, encaminhamento dos resíduos, reciclagem e reutilização de resíduos de construção.

Quadro 5: Indicadores de sustentabilidade para Destinação Final de resíduos

Indicadores de sustentabilidade	Tendências à sustentabilidade		
	+	+/-	-
Destinação dos resíduos sólidos reciclados (DF01)	Encaminhados para empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos	Doação esporádica	Não possui preocupação com a destinação adequada /
Resíduos não recicláveis (DF02)	Logística reversa	Disposição em aterro sanitário (Classe C)	Disposição inadequada
Encaminhamento dos Resíduos de construção e o gesso (DF03)	Destinação permanente em usina de reciclagem de RCC/ empresa especializada na destinação adequada do gesso	Aterro de resíduos da construção civil e de resíduos inertes / empresa especializada na destinação adequada do gesso	Destinação em aterros ou locais inadequados
Reciclagem dos resíduos de construção (DF04)	Utiliza agregados reciclados em argamassa ou concreto.	Utiliza agregados reciclados para fins menos nobres como em meios /calçadas e outros na obra	Não utiliza agregados na obra
Reutilização de resíduos de construção (DF05)	Reutilização de resíduos na própria obra	Venda de resíduo para ser reutilizado em outro local	Não realiza Reutilização de resíduos

Fonte: Os autores

A determinação do indicador destinação dos resíduos sólidos reciclados (DF01) foi formulada para analisar o emprego da destinação destes resíduos consoante os preceitos legais. A destinação final dos RCD ambientalmente adequada deve ser conforme suas classes, seguindo a orientação da Resolução CONAMA nº 307/2002.

O indicador referente a resíduos não recicláveis (DF02) teve o objetivo de apresentar as ações quanto ao emprego da logística reversa, e quando não aplicada, verificar a destinação destes resíduos ao aterro. Para Santos e Marchesini (2018) a logística reversa é uma estratégia que possibilita a preservação de recursos, tendo ampla aplicação no setor da construção civil, embora este setor tenha alguns obstáculos tecnológicos e de informação para sua inserção.

O encaminhamento dos resíduos de construção e do gesso (DF03) foi estabelecido como indicador para verificar a destinação destes resíduos, quanto a reintrodução no processo construtivo ou sua reciclagem. Para Cabral e Moreira (2011), o gesso, que pertence a classe B, deve ser acondicionamento separadamente dos outros resíduos de sua classe, para futura reciclagem. Devendo-se observar os cuidados com a segregação do gesso, e seu acondicionamento separado para não se misturar, tornando-o inviável para a reciclagem.

No que se refere ao indicador reciclagem dos resíduos de construção (DF04), buscou-se averiguar a prática de reciclagem de agregados reciclados no canteiro de obra. Brasileiro e Matos (2015) destacam a importância que os agregados reciclados possuem, quanto à possibilidade de não se extrair matéria-prima natural, não renováveis.

O indicador de reutilização dos resíduos de construção (DF05) teve o propósito de verificar a prática de reutilização de resíduos classe A no canteiro das obras estudadas. De acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002, reutilização é definida como o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformá-lo.

No Quadro 6 verifica-se os indicadores para gestão de resíduos perigosos que exhibe os enfoques relativos à segregação e acondicionamento, treinamento, transporte e destinação dos resíduos perigosos.

Quadro 6: Indicadores de sustentabilidade para o Gerenciamento de Resíduos Perigosos

Indicadores de sustentabilidade	Tendências à sustentabilidade		
	+	+/-	-
Segregação e o acondicionamento inicial (RP01)	Em bombonas / em caixotes / na própria embalagem/ em recipiente resistente a vazamento/ com identificação e sinalização.	Em bombonas / em caixotes / na própria embalagem/ em recipiente resistente a vazamento/ sem identificação e sinalização.	Coletor / recipiente sem resistente a vazamento.
Acondicionamento final dos resíduos perigosos (RP02)	Em contêineres / em tambores / com sinalização / bem ventilada / em área coberta / sobre base impermeável para impedir a lixiviação e a percolação para o solo.	Em contêineres / em tambores / com sinalização / bem ventilada / em área não coberta / sobre o solo sem proteção.	Em contêineres / em tambores / sem ventilação / em área não coberta / sobre o solo sem proteção.
Treinamento trabalhadores (RP03)	Programa para Treinamento / Capacitação de Pessoal / Treinamento periódico	Programa para Treinamento / Capacitação de Pessoal Treinamento de acordo com a necessidade	Programa Inexistente
Transporte dos resíduos perigosos (RP04)	Transportados em caminhão ou outro veículo de carga / sempre cobertos.	Transportados em caminhão ou outro veículo de carga / não cobertos.	Sem cuidado quanto ao transporte de resíduos.
Destinação dos resíduos perigosos (RP05)	Encaminhados para aterros licenciados para recepção de resíduos perigosos / e a devolução na própria embalagem do recipiente para a empresa fornecedora (logística reversa).	Encaminhados para aterros licenciados para recepção de resíduos. Não realiza logística reversa.	Encaminhados para aterros sanitários / disposição inadequada.

Fonte: Os autores

O indicador segregação e acondicionamento inicial (RP01) foi elaborado visando verificar as práticas de triagem e acondicionamento inicial dos resíduos perigosos, oriundos do processo de construção, como solventes, tintas, óleos, fibrocimentos com amianto outros produtos nocivos à saúde e ao meio ambiente.

A determinação do indicador acondicionamento final dos resíduos (RP02) perigosos foi proposta com a finalidade de observar nos canteiros os procedimentos de armazenamento quanto a segurança para os trabalhadores e ao meio ambiente. O acondicionamento de resíduos de produtos perigosos nos canteiros deve atender as especificações da FISPQ (Ficha de Informação de Segurança do Produto Químico), que vem anexa aos produtos adquiridos.

O indicador relativo a treinamentos dos trabalhadores (RP03) foi estabelecido com o objetivo de verificar a existência de capacitações. São fundamentais o treinamento e capacitação dos colaboradores quanto a segregação, acondicionamento e destinação dos resíduos de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002 e a compreensão de sua importância ambiental para uma boa gestão de resíduos (MIRANDA, 2019).

No que se refere ao indicador transporte de resíduos perigosos (RP04), foi estabelecido com a finalidade de verificar como ocorre o transporte dos resíduos classe D para sua destinação final. Estes resíduos devem ser transportados em caminhão ou outro veículo de carga, sempre cobertos. Esta proteção evita que durante o transporte promova a poluição dos ambientes (CRUVINEL, 2016).

A especificação do indicador destinação dos resíduos perigos (RP05) revela-se importante quanto ao atendimento dos preceitos legais das implementações de destinação dos resíduos. A Resolução CONAMA nº 307/2002 define a destinação ambientalmente adequada para cada classe de resíduos.

Análise comparativa dos indicadores de sustentabilidade

O Quadro 7 apresenta as matrizes de sustentabilidade para os seis subíndices relativos à sustentabilidade dos canteiros de obras.

Quadro 7: Gradação dos indicadores de sustentabilidade

Subíndice	Indicador	Obras			Média
		1	2	3	
Gerenciamento da obra	GO1	+	-	+	0,7
	GO2	+/-	+/-	+	0,7
	GO3	-	-	+/-	0,2
	GO4	-	-	+	0,3
	GO5	-	+/-	+	0,5
	Índice	1,5	1	4,5	2,3
	Grau	Baixo	Baixo	Alto	
Controle de documentação	CD1	-	+/-	+	0,5
	CD2	-	+/-	+/-	0,3
	CD3	+/-	+	+	0,8
	CD4	+/-	+/-	+	0,7
	CD5	-	+/-	+	0,5
	Índice	1	3	4,5	2,8
	Grau	Baixo	Médio	Alto	
Segregação e acondicionamento inicial	SA01	-	+/-	+	0,5
	SA02	-	+/-	+	0,5
	SA03	-	-	+	0,3
	SA04	+/-	-	+	0,5
	SA05	-	-	+/-	0,2
	Índice	0,5	1	4,5	2,0
	Grau	Baixo	Baixo	Alto	
Transporte e Acondicionamento Final	TA01	-	+	+	0,7
	TA02	+	+	+	1,0
	TA03	+	+/-	+	0,8
	TA04	+/-	-	+/-	0,3
	TA05	-	+/-	+	0,5
	Índice	2,5	3	4,5	3,3
	Grau	Médio	Médio	Alto	
Destinação Final	DF01	-	+/-	+	0,5
	DF02	-	+/-	+	0,5
	DF03	+/-	+	+	0,8
	DF04	-	-	-	0,0
	DF05	-	+	-	0,3
	Índice	0,5	3	3	2,2
	Grau	Baixo	Médio	Médio	

Gestão de Resíduos Perigosos	RP01	-	+/-	+	0,5
	RP02	+/-	+/-	+	0,7
	RP03	+/-	+/-	+	0,7
	RP04	-	+/-	+	0,5
	RP05	-	+/-	+	0,5
	Índice	1	2,5	5	2,8
	Grau	Baixo	Médio	Alto	
IGRCO		7,0	13,5	26,0	15,5
Grau do IGRCO		Baixo	Médio	Alto	

* Notas e pontuação: (-) = 0 ponto, (+/-) = 0,5 ponto, (+) = 1 ponto,

** Grau: Baixo = 0 a 1,9 pontos, Médio = 2 a 3,9 pontos, Alto = 4 a 5 pontos.

Na análise da sustentabilidade das Obras 1, 2 e 3, verificou-se que nenhum dos canteiros de obras apresentaram grau alto de sustentabilidade nos seis grupos de indicadores. Destaca-se que apenas o canteiro da Obra 3 obteve grau alto de sustentabilidade em mais de um dos grupos de indicadores. Enquanto as demais obras analisadas não alcançaram esta graduação de alta sustentabilidade em seus canteiros.

Verificou-se que a média de 15,5 obtida pelo Índice de Gerenciamento de Resíduos em Canteiros de Obras (IGRCO) dos três canteiros de obra estudados determina uma graduação de sustentabilidade média. Embora, tenha se verificado que os índices (IGRCO) da Obra 1 e 2, respectivamente 7,0 e 13,5 implicam em valores de baixa sustentabilidade. De modo que esta média foi influenciada pelo alto valor do desempenho da sustentabilidade obtida pelo canteiro da Obra 3 (26,0). Nota-se que estes resultados refletem o maior ou menor compromisso de negócios das construtoras destes canteiros com o desenvolvimento sustentável.

A Obra 3 adota práticas de sustentabilidade nos projetos que desenvolve, também, mantém rígido controle de qualidade das etapas dos processos de construção resultante da adoção de certificação ambiental em seus empreendimentos. Enquanto as Obras 1 e 2 buscam apenas os atendimentos da legislação sem compromisso com a promoção da qualidade ambiental.

O diagnóstico do resultado por grupo de indicadores demonstra que o enfoque relativo ao transporte e acondicionamento final de resíduos obteve o maior grau de sustentabilidade pelas obras estudadas, que implica $I_{ta(Final)} = 10$. Os canteiros das Obras 1, 2 e 3 obtiveram respectivamente os seguintes subíndices (I_{ta}): 2,5; 3,0 e 4,5 que correspondem a uma sustentabilidade de grau: médio para as Obras 1 e 2 e grau alto para a Obra 3. Ou seja, os canteiros apresentaram uma graduação de média sustentabilidade ($I_{ta}=3,3$) quanto ao transporte e acondicionamento final de resíduos.

Este resultado está relacionado aos procedimentos de circulação dos resíduos no canteiro, também aos meios de segregação efetivos no armazenamento final do gesso e dos agregados, e seus respectivos transportes, que refletem a preocupação da gestão dos canteiros com os custos referente a destinação final destes resíduos. E, ressalta-se a falta da sensibilização ambiental pelas próprias construtoras, pois haveria uma maior economia se adotassem práticas sustentáveis no gerenciamento de seus resíduos.

Quanto ao menor grau de sustentabilidade apresentada pelas obras estudadas foi observado na matriz de segregação e acondicionamento inicial de resíduos de construção civil (RCC). Têm-se os seguintes subíndices (I_{sa}) alcançados pelos canteiros das Obras 1, 2 e 3,

respectivamente 0,5;1,0 e 4,5 que correspondem a uma sustentabilidade de grau: baixo para as Obras 1 e 2 e grau alto para a Obra 3.

Os baixos resultados obtidos pelos canteiros das Obras 1 e 2 se devem aos procedimentos inadequados empregados no gerenciamento dos resíduos quanto a segregação e acondicionamento inicial dos resíduos, falta de sinalização e equipamentos de coleta no posto de trabalho e nos ambientes do canteiro. Fatores intensificados pela carência da adoção de treinamentos para os colaboradores nesta temática.

Verificou-se que a graduação geral de sustentabilidade referente a destinação final dos resíduos obteve o segundo valor mais baixo de sustentabilidade. Os subíndices (I_{df}) obtidos nos canteiros das Obras 1, 2 e 3 foram os seguintes: 0,5; 3,0 e 3,0, os quais expressam a graduação de baixa sustentabilidade para a Obras 1 e de grau médio para as Obra 2 e 3.

Os resultados negativos obtidos pelos canteiros de obra quanto aos indicadores de destinação final devem-se a falta de reaproveitamento dos agregados nos canteiros quer seja a sua reciclagem no emprego para fins menos nobres, quer seja pela sua reutilização na própria obra. Fatores que poderiam diminuir os custos destas obras com a aquisição de agregados naturais, com transporte de resíduos, como também contribuir com a preservação dos recursos naturais. Têm-se que esta postura da gestão das obras, estão associados a cultura, falta de confiança e conhecimento do potencial do reaproveitamento de agregados no processo construtivo.

CONCLUSÕES

Esta pesquisa atendeu ao objetivo de avaliar a sustentabilidade do gerenciamento de resíduos por meio de indicadores de sustentabilidade, que foram elaborados a partir da coleta de dados em canteiros de obra na cidade do Recife, que possibilitou a realização da análise comparativa dos indicadores de sustentabilidade destes canteiros.

Verificou-se quanto a análise geral de sustentabilidade dos canteiros a inexistência de compromisso de negócios da maioria das construtoras com o desenvolvimento sustentável. Reflexo da negligência destas empresas quanto ao gerenciamento de resíduos em seus canteiros, visto que a maioria realizava práticas deficientes de segregação, acondicionamento e destinação dos RCD, também não controlavam os desperdícios de materiais e não promoviam o reaproveitamento destes resíduos no canteiro.

Os baixos resultados quanto a sustentabilidade nas obras está associada a falta de disponibilização de treinamentos periódicos aos trabalhadores envolvidos nos processos de gerenciamento de resíduos, também a ausência ou insuficiência de equipamentos de coleta, a ausência ou deficiência de sinalização nos canteiros de obra. Destaca-se também como fator de influência, a implementação ineficiente do PGRCC nos canteiros, pois a maioria não se apresentou em conformidade com as etapas da obra.

No que se refere ao resultado de baixa sustentabilidade para a destinação final se identificou a falta de reaproveitamento dos agregados nos canteiros quer seja a sua reutilização ou sua reciclagem. Estes procedimentos de reinserção dos resíduos no ciclo produtivo poderiam diminuir os custos destas obras com a aquisição de agregados naturais e coleta, transporte e

destinação de resíduos, como também contribuir com a preservação dos recursos naturais e mitigação de pressões nos aterros licenciados.

Para a melhoria da sustentabilidade no gerenciamento de resíduos no canteiro deve ser considerada as influências dos fatores gerenciais nas obras, que podem atingir maior eficácia por meio da conscientização ambiental e capacitação técnica dos gestores dos canteiros, os quais poderão promover a adoção de ferramentas de gestão circular de resíduos, de modo a reduzir a destinação inadequada de seus resíduos e estabelecer a reintrodução no processo produtivo destes resíduos.

O estudo aponta a importância da aplicação de indicadores ambientais na análise de sustentabilidade nas obras, e se espera que os resultados apresentados nesta pesquisa possam contribuir para um melhor gerenciamento dos RCD nos canteiros de obras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJAYI, S. O.; OYEDELE, L. O.; BILAL, M.; AKINADE, O. O.; ALAKA, H. A.; OWOLABI, H. A. Critical management practices influencing on-site waste minimization in construction projects. **Waste Management**, Elmsford, v. 59, p. 330-339, jan. 2017.

ALMEIDA, L. de B.; COSTA, D. B.; ALBERTE, E. P. V. Proposta de sistema de indicadores de desempenho para gestão sustentável em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 153-170, jan./mar. 2020.

BEZERRA, C. M. S. **Análise de Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em Obras do município de São Paulo e região**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) —Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2019.

BITTENCOURT, M. **Avaliação de aspectos ambientais em canteiro de obras**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

BOVEA, M. D.; POWELL, J. C. Developments in life cycle assessment applied to evaluate the environmental performance of construction and demolition wastes. **Waste Management**, v. 50, p. 151-172, 2016.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 178-189, jun. 2015.

CABRAL, A.E.B.; MOREIRA, K.M.V. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará. Programa Qualidade de Vida na Construção. Fortaleza, 2011.

CRUVINEL, P. B. **Análise da gestão de resíduos da construção e demolição no Distrito Federal com proposição de indicadores de sustentabilidade ambiental**. 2016. Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

JAPPUR, R. F.; FRANCISCON, M. Indicadores de Sustentabilidade para uma Organização do Segmento da Construção Civil Pesada. **MIX Sustentável**, v. 4, n. 3, p. 97-102, 2018.

LEAL, D. A. **Mapeamento do processo de gerenciamento dos resíduos da construção civil em Fortaleza**. 2019. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2019.

LIMA, R.S.; LIMA, R.R.R. **Guia para elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. Série de publicações temática do CREA-PR. CREA-PR, 2009.

MAROTTI, Juliana; GALHARDO, Alessandra Pucci Mantelli; FURUYAMA, Ricardo Jun; PIGOZZO, Mônica Nogueira; CAMPOS, Tomie Nakakuki; LAGANÁ, Dalva Cruz. **Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulon**, v. 20, n. 2, p. 186 – 194, 2008.

MARQUES, H.F.; RIBEIRO, C.C.; OLIVEIRA, D.M.; BAMBERG, P.; ALMEIDA, M.L.B. Reaproveitamento de resíduos da construção civil: a prática de uma usina de reciclagem no estado do Paraná. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.4, p. 21912-21930, 2020.

MENEGAKI, Maria; DAMIGOS, Dimitris. A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management. **Current Opinion In Green And Sustainable Chemistry**, Amsterdam, v. 13, p. 8-15, out. 2018.

MENG, Y; LING, T. C; MO, K. H. Recycling of wastes for value-added applications in concrete blocks: an overview. **Resources, conservation, and recycling**, Michigan, v 138, p. 298-312, 2018.

MIRANDA, N. M. A. L. et. al. Importância da implantação do plano de gerenciamento de resíduos da construção civil e de demolição no Município de João Pessoa. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. v. 6, n. 13, p. 567-576, 2019.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; BEZERRA, P. R. L., DE FARIA, A. C.; DE OLIVEIRA, L. R. G. J. Diagnóstico de práticas de redução dos impactos ambientais no entorno adotadas por obras residenciais de diferentes regiões da cidade de São Paulo (SP). **HOLOS**, [S.l.], v. 4, p. 217-234, set. 2017.

PAZ, D.H.F. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil em canteiros de obras de edificações urbanas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2014.

SANTOS, M. H. S.; MARCHESINI, M. M. P. Logística reversa para a destinação ambientalmente sustentável dos resíduos de construção e demolição (RCD). **Revista Metropolitana de Sustentabilidade - RMS**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 67-85, mai./ago., 2018.

SCHMIDT, J. S.; OSEBOLD, R. Environmental management systems as a driver for sustainability: state of implementation, benefits and barriers in German construction companies. **Journal of Civil Engineering and Management**, v.23, n.1, p. 150-162, 2017.

SILVA, A. A. **Indicadores de sustentabilidade como ferramenta de apoio aos municípios na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, de serviços de saúde e de construção civil**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. SP, 2019.

SOUZA, L. N. **Evolução recente e perspectivas para o setor da construção civil no Brasil: uma proposta de avaliação**. 2020. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

WANG, J.; LI, Z.; TAM, V.W. Critical factors in effective construction waste minimization at the design stage: a Shenzhen case study, China, **Conservation and Recycling**, v.82, p. 1-7, 2014.