

UMA PROPOSTA DE INDICADORES AMBIENTAIS PARA ARMAZÉM VERDE

Rodrigo Rodrigues de Freitas^{1, 2}

Tassia Faria de Assis^{1, 2}

Mariane Gonzalez da Costa¹

Isabela Rocha Pombo Lessi de Almeida¹

Márcio de Almeida D'Agosto¹

Universidade Federal do Rio de Janeiro¹

Programa de Engenharia de Transportes – PET/COPPE/UFRJ

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET-RJ²

RESUMO

As emissões geradas por edifícios de logística, incluindo armazéns e instalações de triagem, são significativas, representando 13% das emissões da cadeia de suprimentos. No caso da operação de um armazém, a iluminação, refrigeração/aquecimento e equipamentos de carga são os principais responsáveis pelo consumo energético e emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). Entretanto, a norma ISO 14001, que trata da gestão ambiental não destaca quais os principais indicadores a serem utilizados para avaliação e monitoramento da empresa. Desta forma, foi identificada a necessidade de se adotar práticas verde na operação de armazém. A proposta deste artigo é selecionar indicadores que permitam avaliar e monitorar práticas que, quando aplicadas, tornem a operação do armazém, de fato, verde. Esta pesquisa analisa a confiabilidade dos indicadores escolhidos por meio do método alfa de Cronbach, seguido de sua validação. O resultado aponta 27 indicadores como os principais a serem considerados para armazém verde.

PALAVRAS-CHAVE: Armazém Verde, Indicadores Ambientais, Alfa de Cronbach

ABSTRACT

Logistics buildings emissions, including from warehouses and sorting facilities, are significant, accounting for 13% of the emissions from the supply chain. In the case of the operation of a warehouse, lighting, refrigeration / heating and loading equipment are the mainly responsible for the energy consumption and emission of greenhouse gases (GHG). However, ISO 14001, which deals with environmental management, does not highlight the main indicators to be used for evaluation and monitoring of the company operations. In this way, the need to adopt green practices in the warehouse operation was identified. The purpose of this article is to select indicators that allow to evaluate and monitoring of practices that, when applied, make the operation of the warehouse, in fact, green. This research analyzes the reliability of the indicators chosen using the Cronbach alpha method, followed by its validation. The result indicates 27 indicators as the main ones to be considered for green warehouse.

KEYWORDS: Green Warehouse, Environmental Indicators, Cronbach alpha

1. INTRODUÇÃO

A logística visa coordenar a produção com objetivo de atender a demanda a um custo mínimo. Desta forma, o sistema leva à externalização dos custos ambientais, isto é, não considera como custo do sistema os impactos provocados no ambiente. (Santos *et al.*, 2015). Considerando que podem ser adotadas práticas verdes em todas as dimensões da logística, será abordado neste estudo, em particular, o conceito de Armazém Verde.

Segundo Fichtinger *et al.* (2015), as emissões geradas por edifícios de logística, incluindo armazéns e instalações de triagem, são significativos, representando 13% das emissões da cadeia de suprimentos. No caso da operação de um armazém, a iluminação, refrigeração/aquecimento e equipamentos de carga são os principais responsáveis pelo consumo energético e emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). Ainda, os gastos com iluminação e aquecimento correspondem a 70% dos gastos totais de um armazém. (Fichtinger

et al., 2015), principalmente em armazéns de cargas refrigeradas. (Fikiin *et al.*, 2017). Além disso, essa questão é intensificada de acordo com o aumento do tamanho do armazém. (Rüdiger *et al.*, 2016).

Pode-se considerar que um armazém é verde quando tanto sua construção quanto sua manutenção e operação visam à redução dos impactos ambientais negativos, ou seja, da emissão de gases de efeito estufa (GEE) e de poluentes atmosféricos (PA), do uso da energia proveniente de combustíveis fósseis, do consumo de água e da utilização de materiais primários. Além disso, visam também o conforto térmico no interior do armazém e a gestão dos resíduos sólidos e sua destinação final adequada. (Chen *et al.*, 2016). No caso da operação, o modo como o armazém é gerido interfere no consumo de energia e na emissão de GEE (Ene *et al.*, 2016).

Devido à grande variedade de tipos de armazém, existem poucas regulamentações e certificações a respeito de armazéns que apliquem práticas verdes. Ainda, de acordo com Chen *et al.* (2016), há poucos estudos que abordam a gestão de práticas verdes na fase operação de um armazém e ressalta que as empresas possuem a tendência em adotar uma gestão que prioriza praticas verdes apenas quando não representam um gasto econômico.

O método BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) elaborado no Reino Unido, assim como o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) elaborado nos Estados Unidos, são os principais e mais conhecidas certificações para construções sustentáveis. Este é o mais utilizado dentre os estudos abordados, Segundo Bueno e Rossignolo (2003), o LEED é aplicado na certificação de desempenho ambiental de edifícios comerciais em grandes cidades, porém como parte considerável de sua pontuação total depende da obtenção de créditos referenciados em normas, características climáticas e construtivas de seu país de origem e, por isso, não possui flexibilidade para características regionais diferentes.

As normas ISO 14001 possuem aplicabilidade na operação da cadeia de suprimentos na área de gestão ambiental, diferentemente das certificadoras, que consideram apenas os processos relacionados a construção e a reforma de infraestrutura existentes de edificações verdes. Entretanto, a norma ISO 14.001 não define indicadores relacionados ao aspecto ambiental. Estes indicadores podem auxiliar as organizações a quantificar e relatar o desempenho de seus sistemas de gestão, bem como monitorar sua operação. Desta forma, o levantamento dos indicadores é necessário para quantificar, avaliar e monitorar as operações em armazéns verdes.

Assim, o objetivo deste estudo é identificar, por meio de uma Revisão Bibliográfica Narrativa, indicadores ambientais que permitam avaliar a fase de operação de um armazém verde. A partir do levantamento destes indicadores, realizar a aplicação de um método de fiabilidade qualitativa, que permite estabelecer os principais indicadores a serem utilizados para garantir que a operação do armazém seja, de fato, considerada verde.

A segunda seção deste artigo apresenta a revisão bibliográfica que caracteriza a escolha dos indicadores e do método de seleção destes. Na terceira seção é aplicado o método para seleção dos indicadores e, na quarta seção, são apresentados os resultados desta aplicação. Por fim, na quinta seção é apresentada a conclusão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para este estudo, optou-se realizar uma Revisão Bibliográfica Narrativa que, segundo Rother (2007), é caracterizada por não utilizar critérios explícitos e sistemáticos para busca e análise crítica da literatura. Assim, a revisão foi dividida em duas fases, em que a primeira buscou identificar indicadores ambientais utilizados em operações de armazém verde e a segunda buscou identificar a ferramenta mais adequada para seleção de indicadores.

2.1. Indicadores ambientais

Indicadores são representações matemáticas de um processo ou de um resultado, tendo normalmente uma meta associada e são usados para avaliar os atributos do sistema cujo desempenho se deseja avaliar (Oliveira e D'Agosto, 2017). Além disso, por representarem apenas uma parte do estado de todo sistema, só há aumento da confiança na informação quando a combinação de indicadores pertencentes aos diferentes aspectos possa ser verificada (Oliveira, 2016; Gudmundsson, 2004; e Maclaren, 1996).

Para o levantamento dos indicadores ambientais, a pesquisa foi realizada nas bases *Web of Science* e *Science Direct*, considerando as palavras-chave “*indicators AND green warehouse*”, “*indicators AND warehouse*”, entre os anos de 2008 a 2018. Os 40 indicadores ambientais levantados na Revisão Bibliográfica são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Síntese dos indicadores ambientais levantados

Atributo	Indicador	Medida
Energia	Aproveitamento da luz natural	%, m ²
	Consumo de energia não renovável	MJ/t.km, kWh/t
	Consumo de energia renovável e combustíveis alternativos	MJ/t.km, kWh/t
	Consumo fixo de energia nas instalações e espaço físico do armazém	kWh/CD; kWh/m ²
	Consumo de energia relacionado aos processos de armazenagem	kWh/unidade; kWh/t; kWh/mês
	Consumo de energia variável para obter uma unidade de produto	kWh/kg
	Consumo de energia do equipamento de manuseio de materiais móveis	kWh/m
	Fator de iluminação	kWh/m ²
	Fator climático (conforto térmico)	kWh/m ²
	Fator de automação	kWh/m ²
	Redução do consumo de energia (Consumo de energia do ano atual/Consumo de energia do ano anterior)	%
	Energia gasta pelo veículo elétrico	kWh/veículo
	Eficiência do motor (equipamento de manuseio ou veículo de carga)	% ou kW
	Distância média para processos de armazenamento e reabastecimento	kWh/m
	Parcela de veículos de carga com uso de energia limpa (Veículos abastecidos com energia limpa/ total de veículos)	%
	Velocidade média no armazém	km/h
Gases de Efeito Estufa (GEE)	Emissão de CO ₂	kg CO ₂ /t.kg; CO ₂ /pallet
	Emissão de CH ₄	g CH ₄ /t
	Emissão de N ₂ O	g N ₂ O/t
	Emissão de GEE associado à energia consumida na planta	kg CO _{2eq} /kWh
	Emissão de GEE para o transporte	kg CO _{2eq} /(t. km)

Atributo	Indicador	Medida
Consumo de materiais	Emissão de GEE para tratamento de resíduos gerados da produção	kg CO _{2eq} /t
	Consumo de embalagem eficiente (Consumo real de embalagem/Consumo de embalagem por t)	kg/(kg/t)
	Descarte adequado de materiais	%/CD ou kg/CD
	Reciclagem de materiais	%/CD ou kg/CD
Emissão de Poluentes atmosféricos	Emissão de CO	g CO/t
	Emissão de HC	g HC/t
	Emissão de HCNM	g HCNM/t
	Emissão de MP	g MP/t
	Emissão de RCHO	g RCHO/t
	Emissão de SO _x	g SO _x /R\$, g SO _x / t
	Emissão de Benzeno	g Benzeno/t
	Emissão de NO _x	g NO _x /t
Consumo de água	Emissão de COV	g COV/t
	Taxa de redução do consumo de água potável (Redução do consumo/consumo total)	%
	Taxa de reuso da água (Consumo de água de reuso/água total)	%
	Captação de água da chuva	m ³ /dia
Geração de efluentes	Uso de tecnologia no tratamento de água (eficiência do tratamento)	%
	Geração de efluentes líquidos	m ³ /dia
Ruído	Conforto acústico	dB

Fonte: Elaboração própria com base em Azevedo Filho *et al.* (2011); Bueno e Rossignolo (2003); Dalkmann, (2012); Egilmez *et al.* (2014); Feitó-Cespón *et al.* (2017); Fichtinger *et al.* (2015); Greschner Farkavcova *et al.* 2016; Jabbour *et al.* (2015); Leite (2011); Mckinnon *et al.* (2010); Oliveira e D’Agosto (2017); Reisi *et al.* (2014); Silva *et al.* (2015); Silva e Miranda (2012); Turi *et al.* (2014); Zhang *et al.* (2014); Costa *et al.* (2008); Hagahshenas *et al.* (2015); Silva *et al.* (2015); Ahi *et al.* (2016); Oliveira (2016).

2.2. Método para seleção dos indicadores

A fim de definir uma ferramenta para escolha de indicadores, foi realizada uma pesquisa na base *Science Direct* por meio das palavras-chaves “*green logistic*” e “*green supply chain*”, entre os anos de 2008 e 2018, tendo como objetivo de inclusão, artigos que utilizassem ferramentas aplicadas em processos de escolha em atividades de operação logística.

A partir da leitura dos artigos, foram adotadas como critério principal de avaliação, ferramentas utilizadas para escolher um conjunto de atributos, indicadores, ou outros fatores que pudessem ser replicados para atingir o objetivo proposto no estudo. Obtendo como resultado, estudos dos autores, Ahmad e Mehmood, 2015; Avelar-Sosa *et al.*, 2014; Banomyong e Supatn, 2011; L. Chen *et al.*, 2015; García-Alcaraz *et al.*, 2015; Ge *et al.*, 2016; Gimenez e Sierra, 2013; Hong *et al.*, 2018; Jabbour *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2016; Longoni e Cagliano, 2016; Marshall *et al.*, 2015; Ortas *et al.*, 2014; Paulraj, 2009, 2011; Schoenherr, 2012; Vachon e Mao, 2008; Wolf, 2014; Wong, 2013; Yazan, 2016; e Zailani *et al.*, 2012; Schoenherr e Talluri (2013).

Destes, 23 estudos foram verificadas aplicações de teste de hipótese univariado ou multivariado como ANOVA, representando 35 % das aplicações; escala likert e coeficiente alfa de Cronbach representando 17 % das aplicações cada; variância do método comum (do inglês, *Common Method Variance* - CMV); teste KMO; teste de esfericidade de *Bartlett*,

Partial Least Square (PLS); econometria, teste de causalidade de Granger; teste qui-quadrado de Pearson, ambos representando 4% das aplicações cada.

Das três ferramentas mais representativas, como teste de hipótese, escala likert e coeficiente alfa de Cronbach, pode-se verificar grande similaridade nos objetivos de desenvolvimento dos estudos, como, avaliar o impacto da força da cadeia de suprimentos no ambiente natural, identificar os principais atributos da qualidade do serviço de logística de carga e examinar como esses atributos influenciam a seleção de fornecedores de serviços terceirizados, avaliar como a adoção de práticas sustentáveis afetam os indicadores de desempenho ambiental.

No entanto, de acordo com Chen *et al.* (2015), ferramentas estatísticas como teste de hipótese, que é uma ferramenta de tomada de decisão entre duas ou mais hipóteses, apresentam limitações, como necessidade de grandes amostras para gerarem resultados significativos. A fim de aumentar a confiabilidade na avaliação dos resultados, autores como Vachon e Mao (2008), utilizam ferramentas como o coeficiente alfa de Cronbach para avaliar o grau de confiabilidade e contribuir para uma melhor segurança quanto ao resultado.

Segundo Ge *et al.* (2016), a utilização da escala Likert, que é uma ferramenta de atribuição de pontos de forma escalar, é capaz de gerar alta precisão ao alcance do cumprimento do objetivo de um estudo, julgando a ferramenta de avaliação da confiabilidade dos dados mais adequada para avaliar o retorno de seus resultados o coeficiente alfa de Cronbach.

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste estudo tem como objetivo a utilização de um método de confiabilidade que permita selecionar os principais indicadores a serem utilizados para garantir que a operação de um armazém seja de fato considerada verde. Para isso, foi realizada, primeiramente, a aplicação de um questionário entre especialistas e profissionais em sustentabilidade, para posteriormente aplicar o Método Alfa de Cronbach e sua validação.

3.1. Aplicação do questionário

A aplicação do questionário tem como o objetivo identificar preliminarmente o grupo de indicadores relativo ao aspecto ambiental julgado necessário para a avaliação e monitoramento da operação de um armazém verde. Deste modo, o questionário foi estruturado apresentando os 40 indicadores ambientais levantados na Revisão Bibliográfica e enviado para quatro especialistas e quatro profissionais nas áreas de logística e sustentabilidade, obtendo assim oito respostas. Para cada indicador, o especialista deveria selecionar uma opção na escala nominal como apresentado na Tabela 2. Segundo Hora *et al* (2010), os valores refletem as percepções dos especialistas e são transformados de uma escala nominal para uma escala numérica. A escala numérica adotada segue a escala de Likert de cinco pontos, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Escalonamento das respostas pelo modelo Likert

Escala nominal (Respostas dos especialistas)	Escala numérica (Likert)
Não concordo totalmente	1
Não concordo parcialmente	2
Indiferente	3
Concordo parcialmente	4

Concordo totalmente	5
---------------------	---

Fonte: LIKERT (1932)

3.2. Aplicação do método

Com a finalidade de identificar o método de confiabilidade a ser utilizado para selecionar os indicadores, foi realizada uma revisão da literatura na qual, foi verificado que o coeficiente Alfa de Cronbach (α) seria o mais indicado para avaliações de consistência interna de questionários e verificação do conjunto de indicadores de um construto. Segundo Sijtsma (2009) e Rogers, Shmiti e Mullins (2002), α de Cronbach é o coeficiente de qualidade de indicador mais aplicado para confiabilidade, pois explora fator em comum entre os atributos.

O coeficiente Alfa de Cronbach (α) pode assumir como resultado um valor entre 0 até 1, em que quanto mais próximo de 1 for α , maior o grau de confiança dos indicadores. Para obter α , para cada pontuação obtida em cada indicador pela escala Likert, há um peso correspondente atribuído, como apresentado na Tabela 2, que nesta pesquisa foram utilizadas como peso a escala numérica. Cabe ressaltar que os indicadores possuem pesos iguais quando normalizados de acordo com o método no qual o intervalo de pontuação varia entre 0,00 e 1,00 e, portanto, a soma dos pesos deve ser igual a 1,00. Essa lógica de peso semelhante é utilizada para não haver desvios na adição de novos indicadores. O acréscimo de novos indicadores com a mesma finalidade e peso não tende a criar erros estatísticos, seguindo as mesmas limitações da aplicação do coeficiente de alfa de Cronbach como: i) os indicadores devem estar agrupados por aspecto nas perguntas do questionário; ii) o questionário deve ser aplicado para um grupo heterogêneo para evitar baixa variância dos resultados; e iii) a escala deve ser validada.

A aplicação clássica do modelo segue o seguinte teste: X valor observado, composto pelo valor verdadeiro da medição V e mais um erro aleatório E , conforme equação 1.

$$X = V + E \quad (1)$$

Contudo, uma análise quantitativa da variabilidade é mensurada pela variância (S^2). Logo, de acordo com a equação (2), assume-se que a variabilidade do valor esperado é a soma S^2 dos valores verdadeiros e dos erros (Lord e Novick, 1968, Hora *et al.*, 2010). Entretanto, se a variância do erro S^2_E vai reduzindo com as interações, o valor S^2_V se aproxima de S^2_X , aumentando a precisão e a confiabilidade do resultado.

$$S^2_X = S^2_V + S^2_E \quad (2)$$

Em que: S^2_E é a variância do erro aleatório;

S^2_V é a variância do de V ; e

S^2_X é a variância de X .

O coeficiente alfa de Cronbach mede a correlação entre os indicadores de um questionário de acordo com a escala Likert. O resultado do questionário é uma matriz, em que o cálculo é realizado pelo somatório da variância dos indicadores e a soma da variância de cada especialista (equação 3).

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \times \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right] \quad (3)$$

Em que: k corresponde ao número de indicadores (perguntas) do questionário;

S_i^2 corresponde à variância de cada item; e

S_t^2 corresponde à variância total do questionário (soma das variâncias dos avaliadores).

Segundo Peterson (1994), os critérios de recomendação de confiabilidade estimada pelo alfa de Cronbach são observados de formas diferentes por alguns autores, como descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Critérios de recomendação de Fiabilidade estimada pelo α de Cronbach

Autor	Condição	α considerado aceitável
Davis (1964)	Previsão individual	Acima de 0.75
	Previsão para grupos de 25-50 indivíduos	Acima de 0.5
Kaplan & Sacuzzo (1982)	Investigação fundamental	0.7-0.8
	Investigação aplicada	0.95
Murphy & Davidsholder (1988)	Fiabilidade inaceitável	0.6
	Fiabilidade baixa	0.8
	Fiabilidade moderada a elevada	0.8-0.10
	Fiabilidade Elevada	0.10
Nunnally (1978)	Investigação preliminar	0.7
	Investigação fundamental	0.9
	Investigação aplicada	0.9-0.96

Fonte: Peterson (1994)

Após a análise estatística, deve ser feito um processo de purificação dos dados, que ocorre a partir da eliminação de alguns itens do questionário, ou seja, se o α diminuir, assume-se que o item eliminado é altamente correlacionado com os outros itens, logo retorna ao grupo de indicadores.

3.3. Validação dos resultados

Após a aplicação do Método Alfa de Cronbach, o grupo de indicadores ambientais selecionados foi validado por meio da comparação com os indicadores utilizados em quatro Armazéns Verdes, a fim de verificar a coerência entre os indicadores selecionados e os indicadores utilizados neste tipo de operação.

4. RESULTADOS

A formação do grupo de indicadores é procedente da aplicação do questionário, da aplicação do método e da validação do resultado.

4.1. Resultado da aplicação do questionário

A simulação foi realizada com o *software IBM SPSS Statistics* para aumentar a precisão das respostas e padronizar a aplicação. O primeiro questionário aplicado entre os especialistas e profissionais, o alfa de Cronbach foi de 0.825 para todos os indicadores. O processo de seleção consiste em excluir um indicador por vez, e verificar se houve a redução do α . Se na exclusão o α cair, retorna o indicador. Logo, o critério de inclusão ou exclusão de cada indicador é determinado a partir de seu valor de α . Se o valor de alfa for menor do que 0,825, o indicador permanece no grupo. A seleção incluiu 27 indicadores orientados a armazém verde e exclui o atributo conforto acústico. O coeficiente Alfa de Cronbach entre os indicadores selecionados foi de 0,908. Desta forma, os indicadores devem ser aplicados

juntos, aumentando a consistência interna na formação do grupo de principais indicadores, os limites de α são apresentados na tabela 3.

4.2. Resultado da aplicação do método Alfa de Cronbach

O coeficiente alfa de Cronbach dos indicadores selecionados foi de 0,908, satisfazendo a condição mínima para afirmar fiabilidade. Os indicadores são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Grupo de indicadores obtido a partir do método α de Cronbach.

Atributo	Indicador	Medida	Alfa de Cronbach se o item for excluído
Energia	Aproveitamento da luz natural	% ou m ²	0,821
	Consumo de energia não renovável	MJ/t.km, kWh/t	0,81
	Consumo de energia do equipamento de manuseio de materiais móveis	kWh /m	0,822
	Fator de iluminação	kWh/m ²	0,819
	Eficiência do motor (equipamento de manuseio ou veículo de carga)	% ou kW	0,823
	Distância média para processos de armazenamento e reabastecimento	kWh/m	0,822
Gases de Efeito Estufa (GEE)	Emissão de CO ₂	kg CO ₂ /t kg CO ₂ /pallet	0,821
	Emissão de CH ₄	g CH ₄ /t	0,816
	Emissão de N ₂ O	g N ₂ O/t	0,816
	Emissão de GEE associado à energia consumida na planta	kg CO _{2eq} / kWh	0,824
	Emissão de GEE para tratamento de resíduos gerados da produção	kg CO _{2eq} / t	0,817
Emissão de Poluentes atmosférico	Emissão de CO	g CO/t	0,814
	Emissão de HC	g HC/t	0,811
	Emissão de HCNM	g HCNM/t	0,808
	Emissão de MP	g MP/t	0,81
	Emissão de RCHO	g RCHO/t	0,811
	Emissão de SO _x	g SO _x /R\$, g Sox/ t	0,808
	Emissão de Benzeno	g Benzeno/t	0,811
	Emissão de NO _x	g Nox/t	0,811
Consumo de materiais	Emissão de COV	g COV/t	0,823
	Consumo de embalagem eficiente (Consumo real de embalagem/Consumo de embalagem por t)	kg.e/(kg/t)	0,824
	Descarte adequado de materiais	%/CD ou kg/CD	0,81
Consumo de água	Reciclagem de materiais	%/CD ou kg/CD	0,81
	Taxa de reuso da água (Consumo de água de reuso/água total)	%	0,826
	Captação de água da chuva	m ³ /dia	0,822
Geração de efluentes	Uso de tecnologia no tratamento de água (eficiência do tratamento)	%	0,823
	Geração de efluentes líquidos	m ³ /dia	0,812

Fonte: Elaboração própria

4.3. Validação dos principais indicadores ambientais

Após a verificação da fiabilidade dos indicadores, foi realizada a validação destes. Ressalta-se que a fiabilidade está relacionada a métodos qualitativos ou quantitativos para redução dos erros aleatórios. Enquanto a validação está direcionada a confirmar se o instrumento mede aquilo que se propõe. Segundo Hora *et al.* (2010), um método pode ter fiabilidade, porém não necessariamente possui validade.

Para realizar a validação, foram considerados quatro Armazéns Verdes localizados no Brasil. Dois dos armazéns considerados são de uma empresa do setor de cosméticos, em que foi realizada uma visita técnica. Os outros armazéns são de uma empresa do setor de alimentos e um de uma empresa do setor petroquímico. Para estes foi considerada os dados fornecidos em seus relatórios de sustentabilidade.

A validação constatou que as práticas verdes aplicadas nesses armazéns são monitoradas por 9 indicadores selecionados (33,33%), relacionados a quatro atributos: (1) Energia; (2) Consumo de materiais; (3) Consumo de Água; e (4) Geração de Efluentes.

Nota-se que os atributos Gases de Efeito Estufa e Emissão de Poluentes Atmosféricos não foram explicitamente divulgados em nenhum dos armazéns de empresas consideradas, ainda que tenham sido considerados em outras atividades de manufatura ou de logística dessas empresas.

5. CONCLUSÃO

Devido à existência de poucas regulamentações e certificações a respeito de armazéns que apliquem práticas verdes em sua operação e à tendência das empresas em adotar uma gestão que prioriza praticas verdes apenas quando não representam um gasto econômico, foram levantados indicadores ambientais e, dentre eles, foram selecionados os principais que permitem garantir que a operação do armazém é, de fato, verde.

A seleção destes indicadores foi realizada pelo método do coeficiente alfa de Cronbach, que permite a verificação da fiabilidade e da consistência de variáveis qualitativas, a partir da avaliação destas por um grupo de especialistas desta área de estudo.

Portanto, o grupo de indicadores selecionados é uma proposta para avaliar e monitorar práticas verdes para operação de armazéns. A metodologia empregada permite, ainda, a adição de novos indicadores ao grupo principal proposto neste estudo, que pode ocorrer se necessário, devido às características regionais em que se encontram cada empresa, desde que seus pesos sejam normalizados.

Os indicadores propostos puderam ser validados para quatro dos seis atributos. Os indicadores dos atributos Emissão de GEE e Emissão de Poluentes Atmosféricos não foram explicitados para a operação em armazéns, mesmo que tenham sido considerados em outras atividades das empresas. Isso demonstra que ainda não há uma valorização da importância destes indicadores para o caso específico de armazéns.

A limitação deste estudo consiste no baixo número de especialistas que responderam ao questionário. Desta forma, deve-se considerar uma amostra maior de especialistas em trabalhos futuros. Ainda, propõe-se para trabalhos futuros a consideração dos outros aspectos

da sustentabilidade, econômico e social, de maneira a se adotar práticas sustentáveis nas operações de armazéns e garantir a sua avaliação e monitoramento e, assim, garantindo a melhoria contínua da sua operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahi, P., Searcy, C., Jaber, M.Y. Energy-related performance measures employed in sustainable supply chains: A bibliometric analysis. *Sustainable production and consumption*. v. 7. pp. 1 – 15. 2016.
- Ahmad, N., e Mehmood, R. (2015) Enterprise systems: Are we ready for future sustainable cities. *Supply Chain Management*, 20(3), 264–283. doi:10.1108/SCM-11-2014-0370
- Avelar-Sosa, L., García-Alcaraz, J. L., Vergara-Villegas, O. O., Maldonado-Macías, A. A., e Alor-Hernández, G. (2014) Impact of traditional and international logistic policies in supply chain performance. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 76(5–8), 913–925. doi:10.1007/s00170-014-6308-3
- Azevedo Filho, M. A. N. de, Pinheiro, A. M. G. S., Serratini, J. A., Macêdo, M. H., e Rodrigues da Silva, A. N. (2011) Disponibilidade E Qualidade Dos Dados Para Avaliação Das Condições De Mobilidade Urbana Sustentável., (2008), 1910–1921.
- Banomyong, R., e Supatn, N. (2011) Selecting logistics providers in Thailand: A shippers' perspective. *European Journal of Marketing*, 45(3), 419–437. doi:10.1108/03090561111107258
- Bueno, C., e Rossignolo, J. A. (2003) Desempenho Ambiental De Edificações: Cenário Atual E Perspectivas Dos Sistemas De Certificação. *Minerva*, 7(1), 45–52.
- Chen, L., Tang, O., e Feldmann, A. (2015) Applying GRI reports for the investigation of environmental management practices and company performance in Sweden, China and India. *Journal of Cleaner Production*, 98, 36–46. doi:10.1016/j.jclepro.2014.02.001
- Chen, X., Wang, X., Kumar, V., e Kumar, N. (2016) Low carbon warehouse management under cap-and-trade policy. *Journal of Cleaner Production*, 139, 894–904. doi:10.1016/j.jclepro.2016.08.089
- Costa, M.S. Um índice de mobilidade urbana sustentável. Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2008.
- Dalkmann, H. (2012) Case study of a transport MRV NAMA: TDM Measures in Jakarta, Indonesia Applicability of Post 2012 Climate Instruments to the Transport Sector (CITS) Project., 77.
- Egilmez, G., Kucukvar, M., Tatari, O., e Bhutta, M. K. S. (2014) Supply chain sustainability assessment of the U.S. food manufacturing sectors: A life cycle-based frontier approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 82, 8–20. doi:10.1016/j.resconrec.2013.10.008
- Ene, S., Küçükoglu, İ., Aksoy, A., e Öztürk, N. (2016) A genetic algorithm for minimizing energy consumption in warehouses. *Energy*, 114, 973–980. doi:10.1016/j.energy.2016.08.045
- Feitó-Cespón, M., Sarache, W., Piedra-Jimenez, F., e Cespón-Castro, R. (2017) Redesign of a sustainable reverse supply chain under uncertainty A case study. *Journal of Cleaner Production*, 151, 206–217. doi:10.1016/j.jclepro.2017.03.057
- Fichtinger, J., Ries, J. M., Grosse, E. H., e Baker, P. (2015) Assessing the environmental impact of integrated inventory and warehouse management. *International Journal of Production Economics*, 170, 717–729. doi:10.1016/j.ijpe.2015.06.025
- Fikiin, K., Stankov, B., Evans, J., Maidment, G., Foster, A., Brown, T., Radcliffe, J., Youbi-Idrissi, M., Alford, A., Varga, L., Alvarez, G., Ivanov, I. E., Bond, C., Colombo, I., Garcia-Naveda, G., Ivanov, I., Hattori, K., Umeki, D., Bojkov, T., e Kaloyanov, N. (2017) Refrigerated warehouses as intelligent hubs to integrate renewable energy in industrial food refrigeration and to enhance power grid sustainability. *Trends in Food Science and Technology*, 60, 96–103. doi:10.1016/j.tifs.2016.11.011
- García-Alcaraz, J. L., Prieto-Luevano, D. J., Maldonado-Macías, A. A., Blanco-Fernández, J., Jiménez-Macías, E., e Moreno-Jiménez, J. M. (2015) Structural equation modeling to identify the human resource value in the JIT implementation: case maquiladora sector. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(5–8), 1483–1497. doi:10.1007/s00170-014-6561-5
- Ge, B., Jiang, D., Gao, Y., e Tsai, S. B. (2016) The influence of legitimacy on a proactive green orientation and green performance: A study based on transitional economy scenarios in China. *Sustainability (Switzerland)*, 8(12), 1–20. doi:10.3390/su8121344
- Gimenez, C., e Sierra, V. (2013) Sustainable Supply Chains: Governance Mechanisms to Greening Suppliers. *Journal of Business Ethics*, 116(1), 189–203. doi:10.1007/s10551-012-1458-4
- Greschner Farkavcova, V., Rieckhof, R., e Guenther, E. (2016) Expanding knowledge on environmental impacts of transport processes for more sustainable supply chain decisions: A case study using life cycle assessment. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. doi:10.1016/j.trd.2017.04.025

- Gudmundsson, H. (2000). Indicators and performance measure for transportation, environment and sustainable in North America. Relatório do German Marshall Fund Fellowship.
- Haghshenas, H., Vaziri, M., Gholamialam, A. Evaluation of sustainable policy in urban transportation using system dynamics and world cities data: A case study in Isfahan. *Cities*, v. 45, pp. 104–115, 2015.
- Hora, H. R. M.; Monteiro, G. T. R.; Arica, J. (2010). Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. *Produto & Produção*, v.11, n.2, p.85-103.
- Hong, J., Zhang, Y., e Ding, M. (2018) Sustainable supply chain management practices, supply chain dynamic capabilities, and enterprise performance. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3508–3519. doi:10.1016/j.jclepro.2017.06.093
- Jabbour, A. B. L. D. S., Frascareli, F. C. D. O., e Jabbour, C. J. C. (2015) Green supply chain management and firms' performance: Understanding potential relationships and the role of green sourcing and some other green practices. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 366–374. doi:10.1016/j.resconrec.2015.07.017
- Leite, V. F. (2011) Certificação Ambiental Na Construção Civil – Sistemas Leed E Aqua., 50.
- Liu, H., Wei, S., Ke, W., Wei, K. K., e Hua, Z. (2016) The configuration between supply chain integration and information technology competency: A resource orchestration perspective. *Journal of Operations Management*, 44, 13–29. doi:10.1016/j.jom.2016.03.009
- Longoni, A., e Cagliano, R. (2016) Human resource and customer benefits through sustainable operations. *International Journal of Operations and Production Management*, 36(12), 1719–1740. doi:10.1108/IJOPM-11-2014-0564
- Lord, F.M. and Novick, M.R. (1968) Statistical Theories of Mental Test Scores. Addison-Wesley, Menlo Park.
- Maclaren, V. W. (1996). Urban Sustainability Reporting. *Journal of the American Planning Association*, 62, 2, 184-202.
- Marshall, D., McCarthy, L., McGrath, P., e Claudy, M. (2015) Going above and beyond: How sustainability culture and entrepreneurial orientation drive social sustainability supply chain practice adoption. *Supply Chain Management*, 20(4), 434–454. doi:10.1108/SCM-08-2014-0267
- Mckinnon, A., Cullinane, S., Browne, M., e Whiteing, A. (2010) *Green Logistics, Improving the environmental sustainability of Logistics*.
- Oliveira, C.M.; D'Agosto, M. de A. (2017). Guia de Referências em Sustentabilidade: Boas Práticas para o Transporte de Carga. 1ª Edição, Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS), Rio de Janeiro, 2017.
- Oliveira, C. M. de, e D'Agosto, M. de A. (2017) *Logística - Guia de Referência de Sustentabilidade*. (Vol. 2).
- Oliveira, C.M. Procedimentos para identificação, análise e recomendação de boas práticas para o transporte de cargas. Tese de D.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2016.
- Ortas, E., Moneva, J., e Álvarez, I. (2014) Sustainable supply chain and company performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 19(3), 332–350. doi:10.1108/SCM-12-2013-0444
- Paulraj, A. (2009) Environmental Motivations: a Classification Scheme and its Impact on Environmental Strategies and Practices. *Business Strategy and the Environment*, 18(7), 453–468. doi:10.1002/bse.612
- Paulraj, A. (2011) Understanding the Relationships Between Internal Resources and Capabilities, Sustainable Supply Management and Organizational Sustainability. *Á.*, (January), 19–37.
- Reisi, M., Aye, L., Rajabifard, A., e Ngo, T. (2014) Transport sustainability index: Melbourne case study. *Ecological Indicators*, 43, 288–296. doi:10.1016/j.ecolind.2014.03.004
- Rogers, W. M.; Schimiti, M.; Mullins, M. E. (2002). Correction for unreliability of multifactor measures: comparison of Alpha and parallel forms approaches. *Organizational Research Methods*, v. 5, p. 184-199.
- Rüdiger, D., Schön, A., e Dobers, K. (2016) Managing Greenhouse Gas Emissions from Warehousing and Transshipment with Environmental Performance Indicators. *Transportation Research Procedia*, 14, 886–895. doi:10.1016/j.trpro.2016.05.083
- Santos, S., Bortolon, K. M., Maria, D., Chiroli, D. G., e Oiko, O. T. (2015) Logística verde: conceituação e direcionamentos para aplicação Green Logistics: conceptualization and directions for practice. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGETA*, 19, 314–331.
- Schoenherr, T.; Talluri, S. (2013). Environmental Sustainability Initiatives: A Comparative Analysis of Plant Efficiencies in Europe and the U.S. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 60, No. 2, pp. 353-365.
- Schoenherr, T. (2012) The role of environmental management in sustainable business development: A multi-country investigation. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 116–128. doi:10.1016/j.ijpe.2011.04.009
- Silva, A. N. R. da, Azevedo Filho, M. A. N. de, Macêdo, M. H., Serratini, J. A., da Silva, A. F., Lima, J. P., e Pinheiro, A. M. G. S. (2015) A comparative evaluation of mobility conditions in selected cities of the five

- Brazilian regions. *Transport Policy*, 37, 147–156. doi:10.1016/j.tranpol.2014.10.017
- Sijtsma, K. (2009). On the use, the misuse, and the very limited usefulness of Cronbach's Alpha. *Psychometrika*, v.74, n.1, p.107-120.
- Silva, A. N. R. da, e Miranda, H. de F. (2012) Benchmarking sustainable urban mobility: The case of Curitiba, Brazil. *Transport Policy*, 21, 141–151. doi:10.1016/j.tranpol.2012.03.009
- Turi, A., Goncalves, G., e Mocan, M. (2014) Challenges and Competitiveness Indicators for the Sustainable Development of the Supply Chain in Food Industry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 124, 133–141. doi:10.1016/j.sbspro.2014.02.469
- Vachon, S., e Mao, Z. (2008) Linking supply chain strength to sustainable development: a country-level analysis. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1552–1560. doi:10.1016/j.jclepro.2008.04.012
- Wolf, J. (2014) The Relationship Between Sustainable Supply Chain Management, Stakeholder Pressure and Corporate Sustainability Performance. *Journal of Business Ethics*, 119(3), 317–328. doi:10.1007/s10551-012-1603-0
- Wong, S. K. S. (2013) Environmental requirements, knowledge sharing and green innovation: Empirical evidence from the electronics industry in China. *Business Strategy and the Environment*, 22(5), 321–338. doi:10.1002/bse.1746
- Yazan, D. M. (2016) Constructing joint production chains: An enterprise input-output approach for alternative energy use. *Resources, Conservation and Recycling*, 107, 38–52. doi:10.1016/j.resconrec.2015.11.012
- Zailani, S., Jeyaraman, K., Vengadasan, G., e Premkumar, R. (2012) Sustainable supply chain management (SSCM) in Malaysia: A survey. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 330–340. doi:10.1016/j.ijpe.2012.02.008
- Zhang, Q., Shah, N., Wassick, J., Helling, R., e Van Egerschot, P. (2014) Sustainable supply chain optimisation: An industrial case study. *Computers and Industrial Engineering*, 74(1), 68–83. doi:10.1016/j.cie.2014.05.002.

Rodrigo Rodrigues de Freitas (rodrigo.freitas@cefet-rj.br)
Tassia Faria de Assis (tassiafa@hotmail.com)
Mariane Gonzalez da Costa (marigonzaez@poli.ufrj.br)
Isabela Rocha Pombo Lessi de Almeida (isabelarochapombo@poli.ufrj.br)
Márcio de Almeida D'Agosto (dagosto@pet.coppe.ufrj.br)