

Mensurando a Produtividade Verde: uma proposta de métrica

Measuring Green Productivity: a proposal measure

Dayanna dos Santos Costa Maciel¹ 
Lúcia Santana de Freitas²

Como citar: Maciel, D. S. C., & Freitas, L. S. (2019). Mensurando a Produtividade Verde: uma proposta de métrica. *Gestão & Produção*, 26(1), e1618. <https://doi.org/10.1590/0104-530X1618-19>

Resumo: A Produtividade Verde visa a garantir a proteção ambiental ao fazer negócios rentáveis por meio de uma abordagem multidisciplinar, sistemática e holística, reconhecendo que o meio ambiente e o desenvolvimento são dois lados da mesma moeda. Neste sentido, mediante os problemas ambientais gerados pelas atividades produtivas e a preocupação das organizações em alinhar a sua produtividade à proteção ambiental, o presente estudo tem o objetivo de propor um modelo para a mensuração do nível de Produtividade Verde Organizacional. Trata-se de uma pesquisa exploratória e bibliográfica. O modelo proposto permite, por meio do cálculo da produtividade e do impacto ambiental, verificar a situação das organizações e o seu nível nesse tipo de produtividade, podendo ser classificado como: alto, médio e baixo, dando, assim, suporte para a identificação de medidas que venham contribuir para a melhoria desse nível.

Palavras-chave: Produtividade; Responsabilidade ambiental; Medição do desempenho.

Abstract: *Green Productivity aims to ensure environmental protection by doing profitable business through a multidisciplinary, systematic and holistic approach, recognizing that the environment and development are two sides of the same coin. In this sense, the present study aims to propose a model for the measurement of the level of Organizational Green Productivity through the environmental problems generated by productive activities and the concern of organizations to align their productivity to environmental protection. This is an exploratory and bibliographical research. The proposed model allows, through calculation of productivity and environmental impact, to verify the situation of the organizations and their level in this type of productivity, being able to be classified as: high, medium and low, supporting the identification of measures that come to contribute to the improvement of this level.*

Keywords: *Productivity; Environmental responsibility; Measuring performance.*

1 Introdução

Nas últimas décadas, tem sido crescente a busca pelo atendimento das diferentes necessidades dos indivíduos, resultando no aumento da complexidade nas relações entre organizações e sociedade, refletindo diretamente na intensificação do volume de produção e nas modificações dos processos produtivos, especialmente na necessidade de melhoria dos níveis de produtividade.

Neste contexto, a produtividade no âmbito organizacional busca fornecer subsídios para as organizações enfrentarem o acirramento no mercado competitivo e aproveitarem melhor seus recursos a

ser empregados na geração de bens e serviços. Desta forma, a produtividade está relacionada à eficiência da organização em obter o máximo de resultado com o mínimo de esforço ou recursos usados. Sendo assim, constitui-se em uma métrica ou indicador que pode orientar os gestores industriais como gerir melhor o uso dos recursos (Moura, 2007). Contudo, salienta-se que os gestores industriais devem se preocupar com a melhoria da produtividade empresarial dentro de uma perspectiva mais abrangente, a qual considere, além da maximização e otimização de seus recursos, a prevenção ambiental, visto que as atividades produtivas

¹ Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Rua Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, CEP 58429-140, Campina Grande, PB, Brasil, e-mail: dayanna-costa@hotmail.com

² Unidade Acadêmica de Administração e Contabilidade, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Rua Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, CEP 58429-140, Campina Grande, PB, Brasil, e-mail: luciasf@ch.ufcg.edu.br

Recebido em Jul. 28, 2017 - Aceito em Maio 22, 2018

Supporte financeiro: Nenhum.

consomem recursos e geram rejeitos/resíduos que, se não geridos e destinados corretamente, são fontes geradoras de impactos significativos no meio ambiente.

Para tanto, com o intuito de incentivar essa perspectiva e promover o enfoque preventivo no que tange à relação da produtividade empresarial e o meio ambiente, surge o conceito de Produtividade Verde, o qual amplia os aspectos considerados pela produtividade tradicional ao considerar os impactos ambientais e o consumo de recursos dentro da sua abordagem. A Produtividade Verde foi criada pela Organização Asiática de Produtividade (Asian Productivity Organization [APO]), que iniciou seu Programa de Produtividade Verde, em 1994, tendo por objetivo aumentá-la por intermédio da utilização mínima dos recursos e da redução dos impactos ambientais. A Produtividade Verde tem sido disseminada no continente asiático, onde sua metodologia vem sendo aplicada nos mais diferentes tipos de indústria: produção de óleo de cozinha (Saxena et al., 2003), peças de automóveis (Gandhi et al., 2006), produção de pimenta (Sittichinnawing & Peerapattana, 2012), entre outros.

A sua aplicabilidade vem ratificar a necessidade do uso de métricas para que se possa mensurá-la no contexto industrial. Na literatura pertinente à mensuração desse tipo de produtividade, verificam-se poucos trabalhos com esse foco, destacando-se aqueles realizados por Kim & Hur (2003) e Gandhi et al. (2006) pelo fato de apresentarem métricas de mensuração da Produtividade Verde focadas em processo e produto, respectivamente. Contudo, no que tange à mensuração no âmbito organizacional, verificou-se nesses trabalhos a limitação de uma mensuração com foco apenas na comparação e análise de processos ou produtos, sem ampliação de tal perspectiva para os demais aspectos da organização. Sendo assim, reassalta-se a necessidade de uma métrica que busque avaliar a organização como um todo.

Para tanto, destaca-se, entre os trabalhos de mensuração da Produtividade Verde anteriormente citados, o de Kim & Hur (2003). Tais autores demonstram, por meio do Índice de Produtividade Verde (IPV), a relação inversamente proporcional existente entre produtividade e impacto ambiental. Segundo eles, quanto maior a produtividade de um processo e menor o impacto ambiental por este gerado, melhor será a sua Produtividade Verde. Fazendo uma analogia a essa assertiva, pode-se considerar que a Produtividade Verde de uma organização pode ser mensurada pela relação inversamente proporcional entre a sua produtividade e o impacto gerado por suas atividades. Portanto, quanto maior for a sua produtividade organizacional e menor o impacto ambiental gerado, melhor será o seu nível de Produtividade Verde. Considerando isto, o presente estudo tem como objetivo propor um

modelo para mensuração do nível de Produtividade Verde Organizacional.

Tal estudo se justifica por buscar preencher a lacuna existente na literatura no que tange a modelos de mensuração da Produtividade Verde Organizacional, além de se constituir em uma fonte subsidiadora de pesquisas na qual os mais diversos setores produtivos possam ser contemplados, haja vista tal medida produtividade ser pouco disseminada na literatura nacional.

2 Fundamentação teórica

2.1 Produtividade Verde

O termo Produtividade Verde foi criado e usado pela Organização Asiática de Produtividade (Asian Productivity Organization [APO]). Segundo a APO, trata-se de uma estratégia para melhorar a produtividade e o desempenho ambiental visando ao desenvolvimento socioeconômico global. É a aplicação de sistemas de gestão, tecnologias e técnicas adequadas para produzir serviços e produtos ambientalmente responsáveis. Para tanto, tal conceito partiu do pressuposto da integração de melhoria da produtividade ao desenvolvimento e à proteção ambiental, no qual a produtividade fornece a estrutura para melhoria contínua, enquanto a proteção ambiental fornece o fundamento ao desenvolvimento sustentável.

Diante do conceito de Produtividade Verde proposto pela APO, diversos autores buscaram complementá-lo ou sintetizá-lo. Neste sentido, destacam-se Henson & Culaba (2004), que a consideram um novo paradigma na fabricação sustentável, no qual conservação dos recursos e minimização de resíduos constituem simultaneamente a estratégia de melhor desempenho ambiental e produtividade organizacional. Enquanto isso, Tuttle & Heap (2007) esclarecem que a definição de Produtividade Verde reflete a visão asiática de produtividade, que sempre teve um foco duplo: empresa e seu macroambiente, os quais são contemplados por esse tipo produtividade, uma vez que esta envolve uma preocupação com o foco no cliente (qualidade) para alcançar o equilíbrio adequado entre rentabilidade e desempenho ambiental.

Tais autores trazem como contribuição a ênfase na forte vinculação existente entre o aspecto econômico (produtividade e qualidade) e o ambiental, mostrando que ambos não podem ser focados isoladamente, mas vistos de forma interdependente, além de vincular a Produtividade Verde ao conceito de sustentabilidade mediante sua contribuição no que tange a dimensões econômica, ambiental e social. Na dimensão econômica, a produtividade reflete a redução de custos e a maximização da rentabilidade. A ambiental considera a redução dos impactos ambientais e do consumo de recursos do sistema. A social reflete a preocupação na geração de produtos

e processos voltados à melhoria da qualidade de vida dos clientes, comunidade e sociedade. Neste sentido, Produtividade Verde tem sua essência voltada a três focos, conforme apresentado na Figura 1.

A Figura 1 destaca que a Produtividade Verde busca garantir e ampliar a proteção ambiental ao fazer negócios rentáveis mediante uma abordagem multidisciplinar, sistemática e holística, enfatizando o trabalho em equipe e a aplicação de tecnologias e técnicas adequadas. Portanto, há o reconhecimento de que meio ambiente e desenvolvimento são dois lados da mesma moeda e que o conceito de Produtividade Verde baseia-se em meio ambiente, qualidade e rentabilidade, o que forma o seu foco triplo.

Contudo, no que tange ao foco triplo da Produtividade Verde, Saxena et al. (2003) mencionam que este se distingue em três características: melhoria da produtividade, conformidade ambiental e abordagem integrada. Segundo esses autores, a melhoria da produtividade é um dos lados da moeda da Produtividade Verde. Nessa perspectiva, a abordagem de Kaizen a respeito de melhoria contínua constitui a base na qual esse tipo de melhoria – conseguida através da adoção de princípios do ciclo PDCA (planejar, fazer, checar e agir) – destina-se a garantir a melhoria da produtividade, não só com a finalidade dos programas de melhoria de produtividade clássica, mas também buscando a melhoria ambiental em um processo dinâmico e interativo.

Quanto à conformidade ambiental, tem-se que sua essência está na redução dos resíduos na fonte geradora, visto que na perspectiva da Produtividade Verde pode-se entender o resíduo como um indicador de baixa produtividade. No que tange à abordagem integrada, esta constitui um dos pontos fortes da produtividade em foco, remetendo à participação dos trabalhadores e à perspectiva de equipe como fontes de melhoria do ambiente de trabalho, saúde do trabalhador e segurança. Tendo em vista os focos em que se concentra a Produtividade Verde, entende-se que a sua base se dá no contexto de manufatura de

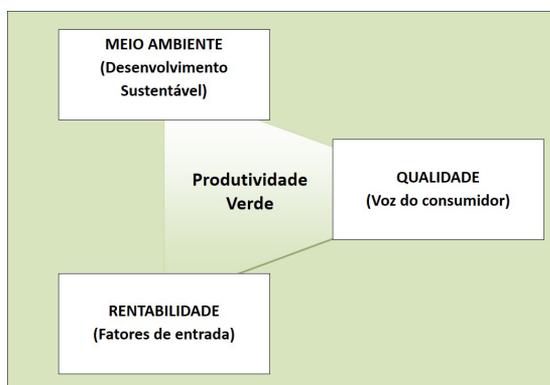


Figura 1. O foco triplo da Produtividade Verde. Fonte: APO (2006).

bens em que a produtividade (produzir mais com menos) é alinhada à redução de impactos ambientais, mostrando que a proteção ambiental é resultado da melhoria do nível de produtividade da organização. Neste sentido, vê-se que tal Produtividade nas organizações é estabelecida com base na relação existente entre estes dois pilares: produtividade e impacto ambiental, conceituados brevemente a seguir.

2.1.1 Produtividade

Atualmente, a sobrevivência e o crescimento das organizações dependem fundamentalmente da sua competitividade, que, por sua vez, para ser alcançada, passa necessariamente pela melhoria da produtividade. Neste sentido, a produtividade está vinculada à eficiência de um processo produtivo, sendo tal eficiência relativa à melhor ou à pior utilização dos recursos. Segundo Sink (1985), o conceito de produtividade é dado para um sistema físico de produção expresso pela relação entre o que é obtido na saída e o que é consumido na entrada. Neste mesmo contexto, Contador (1998) define produtividade como sendo a capacidade de produzir, partindo-se de certa quantidade de recursos, em que a produtividade é medida pela relação entre o nível de produção e os recursos produtivos aplicados a ela.

Os conceitos clássicos de produtividade apresentados convergem focando no processo produtivo. Contudo, o conceito de produtividade pode ser ampliado para uma perspectiva empresarial. Para tanto, Tangen (2002) afirma que vários autores definem produtividade empresarial como a relação entre entradas e saídas, ou seja, a relação entre o volume de produção da empresa e o volume dos fatores utilizados nessa produção. Tais fatores não incluem só aqueles incorporados à produção de um bem, mas todo aquele que foi envolvido no âmbito da organização para a geração da produção, como mão de obra, gastos com gestão, entre outros fatores.

A produtividade é um indicador do desempenho. Nesse sentido, é importante destacar que pode ser medida em três níveis: operacional, empresarial e nacional. No nível da operação, reflete o conceito taylorista de aumento da capacidade produtiva dos recursos envolvidos em uma operação. No nível da empresa, reflete a relação entre o faturamento e os custos totais. No nível da nação, reflete o conceito de renda *per capita* (Contador, 1998). Para fins do presente estudo, destaca-se a mensuração da produtividade em nível de organização.

A produtividade em uma organização pode ser medida de formas distintas, podendo ser empregadas medidas de natureza física ou monetária, bem como produzir resultados absolutos ou relativos. Nesta perspectiva, Garcia (2007) apresenta, em linhas gerais, que a produtividade pode ser medida pela relação

entre os resultados efetivos da produção e os recursos produtivos aplicados a ela (ou produção/recursos), como peças/hora-máquina, toneladas produzidas/homem-hora, quilogramas fundidos/quilowatt-hora, toneladas de soja/hectare (em que ano está implícito por corresponder à safra), carros produzidos/funcionário-ano, toneladas de aço/homem ano etc. O autor esclarece ainda que a produtividade pode ser medida para cada recurso isoladamente, tornando possível avaliar o comportamento e o desempenho de cada um ou considerando a totalidade dos recursos utilizados para gerar uma determinada produção (bens ou serviços).

Dentro dessa perspectiva, tem-se uma clássica formulação geral utilizada para medir a produtividade em um dado período de tempo e com foco monetário. Segundo Campos (1999), a produtividade pode também ser definida de forma monetária como o quociente entre o faturamento da organização e os custos incorridos para gerar aquele faturamento, conforme ilustrado pela Equação 1, na qual P_t significa a produtividade do período, F_t o faturamento no período t e C_t os custos ocorridos no período t para o dado faturamento.

$$P_t = \frac{F_t}{C_t} \quad (1)$$

A contribuição dada pela Equação 1 é o fato de esta incluir todos os fatores internos da empresa, além de enfatizar o cliente como fator decisivo de produtividade, visto que se o cliente não quiser comprar, por maior que seja a eficiência da empresa, a produtividade cairá à medida que o faturamento cair.

A mensuração da produtividade é importante por permitir a identificação de falhas na produção e suas possíveis correções, permitindo, assim, a gestão da indústria tomar medidas mitigadoras. Contudo, mensurar a produtividade por essa ótica leva as organizações a focarem apenas na melhoria de seu processo produtivo, na otimização no uso de seus recursos de produção e nos ganhos financeiros, esquecendo-se de que suas atividades produtivas são fontes geradoras de impactos ambientais significativos. Neste contexto, conceitua-se a seguir o outro construto da Produtividade Verde: o impacto ambiental decorrente das atividades organizacionais.

2.1.2 Impacto ambiental

No contexto nacional, os conceitos de impacto ambiental mais relevantes consideram que a principal característica do impacto ambiental não é qualquer alteração nas propriedades do ambiente, mas sim alterações produzidas pelos homens e suas atividades nas relações constitutivas com o ambiente que excedam a capacidade de absorção desse ambiente (Moreira, 2002). Para Sánchez (2011), o impacto ambiental pode ser causado por uma ação humana

que implique a supressão ou inserção de certos elementos do ambiente e sobrecarga.

Nesta perspectiva, observa-se que, de modo geral, os impactos ambientais mais significativos encontram-se nas regiões industrializadas, ou, ainda mais claramente, são oriundos das atividades produtivas desses tipos de organizações. As organizações industriais geram impacto ambiental desde a sua instalação em um dado espaço geográfico até a sua possível desativação. Esses impactos precisam ser quantificados, pois apresentam variações negativas, podendo ser grandes ou pequenas. Para tanto, existem vários métodos de identificação, análise e mensuração de impactos ambientais. Para Oliveira & Moura (2009), existem distintas linhas metodológicas desenvolvidas para a avaliação de impactos ambientais, a saber: metodologias espontâneas (*ad hoc*), listagens (*check-list*), matriz de interações, redes de interações (*networks*), metodologias quantitativas e modelos de simulação. Dentre os tipos de metodologias apresentados, as metodologias de listagem se destacam no contexto de avaliação de impactos ambientais em organizações industriais, visto que permitem uma avaliação simples e objetiva. Em meio às metodologias de listagem, pode-se destacar nesse sentido a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA).

O método FMEA tem como principais objetivos a prevenção dos problemas ambientais mais importantes e o impedimento ou a minimização das consequências geradas pelos possíveis problemas. Vandenbrande (1998) explica que o clássico processo de FMEA pode ser facilmente adaptado a um estudo dos riscos potenciais do ambiente. Isso porque ao usar uma tabela de pontuação de gravidade, o número de prioridades ambientais pode ser calculado da mesma forma que o número de riscos. Contudo, Andrade & Turrioni (2000), tomando como base a metodologia de Vandenbrande (1998), propõe que o FMEA seja aplicado nas organizações para a análise dos aspectos e impactos ambientais causados por suas atividades, podendo ser considerado ECO-FMEA.

A proposta de Vandenbrande (1998), bem como o trabalho de Andrade & Turrioni (2000), traz o ECO-FMEA de embasamento para diversos estudos no contexto brasileiro, no que tange a setores e atividades econômicas geradoras de impactos ambientais significativos, como usinagem (Martins & Zambrano, 2003), microeletrônica (Oliveira & Freitas, 2011), posto de combustíveis (Costa & Freitas, 2012), entre outros. A aplicação desse método nos estudos citados demonstra a viabilidade do uso da ferramenta ECO-FMEA para a análise dos aspectos e impactos ambientais da indústria.

Por fim, uma vez apresentados o conceito e o foco da Produtividade Verde, a seguir se discorre sobre sua aplicabilidade.

2.2 Aplicabilidade da Produtividade Verde

O conceito de produtividade e sua metodologia de aplicação (APO, 2006) forneceu subsídios para diversos estudos e aplicações. Com base nisso, observou-se na literatura a existência de vários trabalhos de cunhos empírico, teórico e teórico empírico.

Para tanto, o arcabouço teórico identificado demonstra que, dentre os 19 trabalhos levantados entre 1999 e 2013, 26% são de cunho teórico, 53%, empíricos e 21%, teórico-empíricos. No que tange aos trabalhos teóricos, estes focaram o apelo por uma mudança de perspectiva da produtividade convencional para a Produtividade Verde, sua vinculação com a gestão empresarial e suas ferramentas (Bleischwitz & Von Weizsäcker, 1999; Suder, 2006) até a proposição de modelos para diagnóstico da Produtividade Verde em processo de manufatura, a fim de mensurá-la, com o objetivo de verificar sua viabilidade de aplicação (Henson & Culaba, 2004; Tuttle & Heap, 2007). Outro trabalho teórico importante, com diferente foco dos demais, buscou elucidar a diferença entre Produtividade Verde e outro conceito ou ferramenta similar, a ecoeficiência, principalmente no aspecto referente à forma de mensuração de ambas (Findiastuti et al., 2011).

Os trabalhos teóricos tiveram como principal contribuição esclarecer o conceito de Produtividade Verde e suas implicações no âmbito organizacional, dando, assim, fundamento teórico para as demais pesquisas sobre o assunto, ou seja, as de cunho empírico ou, ainda, teórico-empírico. Em relação aos trabalhos empíricos, que representaram 53% dos estudos identificados na literatura, estes variaram entre estudos de casos que buscam esclarecer o gerenciamento da Produtividade Verde, identificar fatores de influência na implementação das práticas de PV, vincular a redução de resíduos no contexto da PV com o aumento da produtividade (Mohanty & Deshmukh, 1999; Logamuthu & Zailani, 2010; Singgih et al., 2010) e estudos voltados a avaliação, implementação e mensuração da Produtividade Verde em indústrias e conjunturas específicas de países (Cao, 2007; Lin et al., 2013).

Neste sentido, destaca-se o uso da Produtividade Verde com implementação em países e estudos em comunidades e indústrias. Em âmbito de país, a Produtividade Verde foi aplicada com fins de mensuração no caso específico do setor de manufatura da China, de 1991 a 2000 (Cao, 2007). Em comunidade, a PV foi aplicada com fins de minimizar problemas de saneamento e uso de produtos químicos na agricultura (Hang & Hong, 2001). No que tange às implementações no setor industrial, tem-se aplicação da metodologia de PV em indústria de óleo de cozinha (Saxena et al., 2003), na análise e estimativa de cargas ambientais relacionadas com o ciclo de vida de máquinas de vender bebidas (Sampattagul et al., 2004), na implementação

para análise do consumo de recursos e avaliação de poluentes ambientais em uma companhia de aviação (Moharamnejad & Azarkamand, 2007) e na utilização de um índice de Produtividade Verde na produção de pimenta (Sittichinnawing & Peerapattana, 2012).

Estudos empíricos demonstram a versatilidade da Produtividade Verde no âmbito da sua aplicação, evidenciando uma aplicabilidade tanto no contexto micro (empresarial) como no macro (nível de país). Como principal contribuição dos estudos empíricos identificados, dá-se o fato de estes esclarecerem como a variável ambiental se encaixa na perspectiva da Produtividade Verde, evidenciando sua importância e mostrando os aspectos que devem ser levados em consideração nesse contexto, como consumo de água, energia, poluentes ambientais, cargas ambientais, uso de produtos químicos, entre outros. Os trabalhos empíricos identificados também tratam do enfoque econômico da PV, mas vinculando-o a aspectos ambientais, ganhando, deste modo, um direcionamento para o desenvolvimento sustentável.

Quanto aos trabalhos teóricos empíricos (21%), estes são assim considerados por trazerem alguma contribuição e inovação teórica no contexto da Produtividade Verde, ao mesmo tempo que tal contribuição é aplicada em forma empírica para provar sua consistência. Verificou-se que tais trabalhos são proposições e respectivas aplicações de índices de mensuração da Produtividade Verde e metodologias de implementação (Kim & Hur, 2003; Paranis, 2003; Gandhi et al., 2006; Avishek et al., 2008). Esses trabalhos trazem como contribuição o preenchimento da lacuna deixada pelos estudos apenas teóricos ou empíricos. Contudo, como limitação desses trabalhos, verificou-se que nenhum apresentou uma metodologia que pudesse ser aplicada em organizações, a fim de identificar qual a situação atual de uma empresa estudada dentro da perspectiva da Produtividade Verde e em qual nível de PV esta possivelmente se encontrará, para, então, propor melhorias para manter ou melhorar o nível de produtividade identificado.

Por fim, tal conjuntura teórica demonstra a necessidade de mais estudos que amadureçam e aperfeiçoem tal ferramenta, principalmente no que tange à mensuração da Produtividade Verde. O tópico a seguir discorrerá mais detalhadamente acerca da mensuração da Produtividade Verde.

2.3 Mensurando a Produtividade Verde

Segundo Findiastuti et al. (2011), a Produtividade Verde pode ser medida em três níveis: micro, macro e meso. No contexto micro, insere-se a mensuração da Produtividade Verde em um processo produtivo ou em uma organização como todo; no que tange ao macro, este se refere a um dado setor da economia; o meso, em nível de país. O Quadro 1 evidencia os

Quadro 1. Trabalhos identificados na literatura relacionados à mensuração da PV.

Autor	Objetivo do estudo	Contribuições	Limitações
Kim & Hur (2003)	Apresentar um índice que seja indicador da Produtividade Verde e que permita comparar produtos, serviços e processos produtivos.	Estudo teórico e empírico - Fornecimento de base teórica para a mensuração da Produtividade Verde a partir de um índice, o IPV (índice de Produtividade Verde); - Define que a Produtividade Verde é resultado da relação inversamente proporcional entre dois construtos (produtividade e impacto ambiental).	- Trabalho quantitativo que não apresentou, dentro da perspectiva da PV, uma análise qualitativa que ajudasse na descrição do processo produtivo da empresa petroquímica estudada e na qual o índice foi aplicado; - Considera apenas como construtos da PV a produtividade e o impacto ambiental, os quais possuem formas específicas de mensuração para sua utilização no IPV.
Hur et al. (2004)	Propor uma abordagem de mensuração e melhoria da PV por meio do cálculo do IPV e da RPV para a comparação de alternativas de Produtividade Verde no processo de fabricação do poliestireno.	Estudo teórico e empírico - Desenvolvimento da teoria e prática das métricas de PV; - Fornece embasamento para pesquisadores na definição de índices de PV para cálculo de <i>performance</i> da produtividade em processos produtivos.	- Falta, na perspectiva da PV, uma análise qualitativa para ajudar na avaliação de um sistema produtivo; - A proposta é restrita à definição de IPV em nível de processo produtivo; - Não avalia aspectos da PV em nível da organização.
Sampattagul et al. (2004)	Analisar e estimar numericamente as cargas ambientais relacionadas com o ciclo de vida das máquinas de vender bebidas.	Estudo empírico - Divulgação da aplicação da métrica da RPV para avaliar alternativas que possam minimizar os impactos ambientais; - Utilização da PV para avaliar a redução de cargas ambientais ao longo da fabricação de um produto.	- A metodologia aplicada não considerou na métrica os aspectos econômicos do ciclo de vida das máquinas; - A proposta é restrita à utilização da PV em nível de produto; - Não avalia aspectos da PV em nível da organização, que poderiam influenciar as cargas ambientais.
Henson & Culaba (2004)	Propõe desenvolver um modelo de diagnóstico para a quantificação da PV em processos de fabricação por meio de um <i>software</i> como suporte inteligente de apoio à tomada de decisão.	Estudo teórico - Mostra que a PV gera oportunidades para melhorar a utilização de recursos e redução de resíduos na indústria; - Integração de ferramentas na aplicação da PV.	- Análise limitada ao construto ambiental; falta incorporar aspectos econômicos; - Aplicação da PV restrita a processo produtivo
Gandhi et al. (2006)	Aplicação do IPV para escolha de alternativas de produto.	Teórico e empírico - Adaptação do modelo de Kim & Hur (2003) a fim de utilizar o IPV para comparar produtos; até então, só havia sido usado para comparar processos.	- Definições dos impactos ambientais ficaram restritas somente a três variáveis; - São incluídos nos cálculos somente os custos de produção; - Uso da Produtividade Verde apenas para avaliar produto; não envolve aspectos da organização como todo.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 1. Continuação...

Singgih et al. (2010)	Aplicar a Produtividade Verde para a redução de resíduos e o aumento da produtividade.	Estudo empírico - Vinculação da redução de resíduos (aspecto ligado à proteção ambiental e à redução de consumo de recursos) à produtividade dentro da perspectiva da PV.	- Resultados restritos à quantificação econômica dos resíduos e sua vinculação com a produtividade; - Aplicação da PV restrita a processo produtivo.
Sittichinnawing & Peerapattana (2012)	Calcular o IPV para a produção de pimenta.	- Aplicação do IPV na agricultura; - Destaca e quantifica a produtividade e impactos ambientais para calcular o IPV.	- IPV aplicado apenas ao processo produtivo.
Lin et al. (2013)	Mensurar a Produtividade Verde em 70 países no período de 1981 a 2007.	Estudo empírico - A amplitude de países estudados permite definir um panorama no período estudado.	Difícil entendimento da metodologia quantitativa aplicada devido ao número de dados apresentados.

Fonte: Elaboração própria.

trabalhos identificados na literatura que abordam especificamente a mensuração da Produtividade Verde nesses níveis.

Os trabalhos apresentados no Quadro 1 mostram a mensuração da Produtividade Verde em nível micro (quase todos os trabalhos identificados) e em nível meso (Lin et al., 2013). Cabe destacar que não foram verificados trabalhos aplicados a setores da economia, ou seja, a mensuração em nível macro, ou seja, aquela responsável por medir a Produtividade Verde em diversas empresas do mesmo setor, podendo, assim, expressar a situação dessas empresas e, conseqüentemente, a do setor dentro das prerrogativas da PV.

Nos trabalhos elencados anteriormente, no que tange à mensuração em nível micro, verificou-se como limitação a mensuração da Produtividade Verde com o objetivo restrito de comparar ou analisar processos ou produtos, sem ampliar tais resultados para os demais aspectos da organização. Tal fato pode levar ao engano de que uma empresa que possua um processo produtivo ou produtos que atendam às prerrogativas da Produtividade Verde seja uma empresa que caminha para a sustentabilidade, por meio de um alto nível de Produtividade Verde, visto que a organização não é apenas composta de processo produtivo nem pode ser apenas avaliada somente pelo seu produto.

Dentro de uma organização, além das atividades produtivas, existem inúmeras outras atividades que podem ser fontes de impactos ambientais e gerar resíduos, os quais, dispostos incorretamente, podem oferecer riscos. Daí surge a necessidade de um modelo que busque mensurar a Produtividade Verde em organizações, o que permitirá preencher as

lacunas observadas nos trabalhos do Quadro 1: falta de trabalhos mensurando a Produtividade Verde em organizações e estudos feitos em setores. Constatase que a não existência desse modelo leva à aplicação da mensuração da PV apenas com foco em produto ou processo, o que gera a impossibilidade de estudos que caracterizem a Produtividade Verde Organizacional e, conseqüentemente, o perfil mais completo de um dado setor no que tange à Produtividade Verde.

Neste sentido, o presente estudo busca propor um modelo que permita avaliar o nível de Produtividade Verde em organizações. Contudo, para a elaboração do modelo proposto neste trabalho, optou-se por uma abordagem para a mensuração do nível de Produtividade Verde em organizações baseadas na principal contribuição do trabalho de Kim & Hur (2003), em que a PV pode ser dada pela relação inversamente proporcional entre produtividade e impacto ambiental. Vale a pena salientar que a presente proposta apoia-se nessa relação entre produtividade/impacto e não na aplicabilidade do índice proposto por tais autores, obtido pela fórmula: $PV = P/IA$.

Por último, uma vez apresentada a Produtividade Verde e suas prerrogativas para mensuração, a seguir serão explicitados os procedimentos metodológicos adotados para o alcance do objetivo proposto.

3 Metodologia

Diante da problemática levantada e do objetivo proposto, a presente pesquisa caracteriza-se como exploratória do tipo bibliográfica. Exploratória por ter como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias com vistas à formulação de um problema para estudo, além de explorar

um tema ainda em construção e com um número relativamente baixo de trabalhos realizados na área (Hair et al., 2005).

No que tange ao levantamento bibliográfico, caracterizou-se por abranger um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções de um dado problema atento a um objeto de estudo (Lima & Mioto, 2007). Para Lima & Mioto (2007), o levantamento bibliográfico tem sido utilizado com grande frequência em estudos exploratórios cujo objeto de estudo proposto é pouco estudado, possibilitando, assim, um amplo alcance de informações, além de permitir a utilização de dados dispersos em inúmeras publicações e auxiliar também na construção ou na melhor definição do quadro conceitual que envolve o objeto de estudo.

Para tanto, o objeto de estudo definido para a pesquisa bibliográfica foi a Produtividade Verde e suas formas de mensuração. Como procedimento, adotou-se a busca por palavras-chave em títulos e resumos de bases de dados disponibilizados pelo portal de periódicos da CAPES (2013) e pelo Google Acadêmico. As palavras-chave utilizadas foram: “*green productivity*”; “*measuring green productivity*”; “*green productivity measurement*”; “*green productivity index*”. Quanto às bases de dados, optou-se pelas seguintes, de cunho interdisciplinar: *Academic Search Premier (EBESCO)*, *Elsevier*, *Springer*, *Annual Reviews*, *Wiley Online Library*, *Cambridge Journals Online*, *OECD Library*, *Oxford Journals* e *Scielo*. Foram pesquisados artigos entre 1992 e 2013. Ao todo, foram encontrados 19 artigos, entre teóricos e empíricos, que serviram como suporte para a descrição da Produtividade Verde e a proposta do modelo para mensuração do nível de PV nas organizações.

Os 19 trabalhos encontrados foram analisados e classificados em três categorias: teórico, empírico e teórico empírico. Para cada categoria, foram observadas as respectivas contribuições e limitações. Posteriormente, foram analisados separadamente os trabalhos relacionados à mensuração da Produtividade Verde, com o objetivo de identificar as lacunas existentes nos modelos de mensuração encontrados nessa literatura.

Uma vez identificadas as limitações dos modelos existentes, buscou-se a elaboração do modelo proposto, optando por uma abordagem para a mensuração do nível de Produtividade Verde em organizações baseada na principal contribuição do trabalho de Kim & Hur (2003), cujo teor mostra que a Produtividade Verde pode ser dada pela relação inversamente proporcional entre produtividade e impacto ambiental. Vale a pena salientar que a presente proposta apoia-se nessa relação entre produtividade/impacto e não na aplicabilidade do índice proposto por tais autores, como explicitado anteriormente. Desta forma, apresenta-se a seguir a construção de uma métrica para identificação e avaliação do nível de Produtividade Verde em organizações.

4 Modelo proposto para a mensuração do nível de Produtividade Verde em organizações

Segundo Kim & Hur (2003), a Produtividade Verde é resultado da relação inversamente proporcional de grandezas como produtividade e impacto ambiental. Neste sentido, nota-se que a Produtividade Verde tem sua essência na maior produtividade e no menor impacto ambiental. Portanto, quanto maior a produtividade e menor o impacto ambiental, maior o nível de Produtividade Verde. Partindo dessa perspectiva no que tange à empresa como todo, chega-se à conclusão de que o nível de Produtividade Verde no âmbito organizacional é resultado da relação inversamente proporcional da produtividade da empresa (produtividade organizacional) num dado período e do impacto ambiental causado por suas atividades nesse mesmo período, podendo esta assumir os seguintes níveis: baixo, médio e alto.

Dentro dessa perspectiva, o nível de Produtividade Verde em organizações pode ser mensurado com base na relação entre essas duas variáveis, calculadas conforme o detalhado a seguir.

4.1 Cálculo da produtividade organizacional

Para o cálculo da produtividade da organização, o procedimento de análise de dados adotado será quantitativo. Neste sentido, deverá ser calculada a produtividade da empresa nos últimos 12 meses, para possibilitar o entendimento do comportamento da produtividade organizacional ao longo do tempo e identificar qual é seu nível atual de produtividade organizacional.

A produtividade mensal será definida pela Equação 1 na qual P_t significa a produtividade organizacional no período t , F_t , o faturamento da organização no período t , e C_t , o custo incorrido no período t para a obtenção do faturamento.

Na Equação 1, o custo (C_t) será obtido pela soma dos custos que a organização teve em t para o F_t , o que inclui custos de produção, custos de administração da empresa e custos ambientais. Deixando claro que se considera custo ambiental os custos que compreendem todos aqueles gastos relacionados direta ou indiretamente com a proteção do meio ambiente e que serão ativados em função de sua vida útil, como amortização, exaustão e depreciação, aquisição de insumos para controle, redução ou eliminação de poluentes, tratamento de resíduos de produtos, disposição dos resíduos poluentes, tratamento para recuperação e restauração de áreas contaminadas, mão de obra utilizada nas atividades de controle,

preservação e recuperação do meio ambiente, multas, entre outros (Carvalho et al., 2000).

Tendo em vista que cada tipo de organização possui custos específicos oriundos de suas atividades, deve-se identificar por meio de relatórios financeiros balanços – entre outros –, esses custos e, posteriormente, classificá-los e somá-los (com o auxílio de planilha eletrônica), a fim de se obter o custo total (C_t).

Uma vez aplicada a Equação 1 para os 12 meses, obter-se-á para cada mês uma produtividade. Para fins de análise, considera-se equivalente a 1 o nível de produtividade considerado pelo planejamento da empresa, ou seja, o nível de produtividade que a empresa deseja obter no respectivo período analisado. Neste sentido, a fim de se classificar a produtividade mensal da organização em níveis (alto, médio e baixo), é necessário, por meio de uma regra de três simples, transformar as produtividades encontradas em produtividades equivalentes, fazendo a aplicação da Equação 2.

$$P_{(Equiv.m)} = \frac{Prm}{Pmáx} \tag{2}$$

onde: P_(Equiv.m) é a produtividade equivalente do mês; Prm, a produtividade do mês, ou seja, a produtividade real do mês m; Pmáx, o nível de produtividade considerado pelo planejamento da empresa como ideal para o período analisado.

Neste sentido, uma vez feita a transformação das produtividades em produtividades equivalentes – a partir da aplicação da Equação 2 –, estas serão classificadas como: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Essa classificação será dada em uma escala de 0 a 1. Vale a pena salientar que, devido à vinculação da produtividade organizacional ao impacto ambiental, dentro da perspectiva da Produtividade Verde, os cinco níveis serão resumidos em três, a partir do agrupamento dos dois extremos, conforme mostra o Quadro 2.

Uma vez calculados os níveis de produtividade da organização estudada e identificado o seu nível de produtividade atual (produtividade do mês 12, classificada conforme o Quadro 2), parte-se, então, para o cálculo dos impactos ambientais oriundos de suas atividades.

Quadro 2. Escala de análise da produtividade organizacional.

Produtividade	Varição da produtividade	Agrupamento dos níveis	Nível de produtividade
Muito baixa	0-0,2	(0 ≤ P ≤ 0,2)	Baixo
Baixa	0,2-0,4	(0,2 < P ≤ 0,8)	Médio
Média	0,4-0,6		
Alta	0,6-0,8		
Muito alta	0,8-1	(0,8 < P ≤ 1)	Alto

Fonte: Elaboração própria.

4.2 Cálculo do impacto ambiental

O impacto ambiental poderá ser calculado por meio do ECO-FMEA, que será utilizado para identificar, avaliar e mensurar os aspectos e impactos gerados pela empresa. Os aspectos e impactos da empresa deverão ser identificados nas atividades produtivas e administrativas e, posteriormente, analisados, a fim de se obter a intensidade dos impactos gerados pela organização como um todo. A Figura 2 mostra o formulário do FMEA, adaptado do modelo desenvolvido por Oliveira & Freitas (2011), que pode ser aplicado em indústrias.

Cada campo do formulário apresentado deve ser preenchido da seguinte forma:

- a) **Atividades desenvolvidas:** Listar as atividades desenvolvidas na produção e na administração da empresa estudada;
- b) **Aspectos ambientais:** Considera-se aspecto ambiental o elemento resultante da atividade da empresa que possa interagir com o meio ambiente. Neste caso, pode-se descrever uma ação, por exemplo, geração de efluentes líquidos, que produz como impacto a poluição do meio ambiente;
- c) **Impactos:** Modificação do meio ambiente, resultado da ação nas atividades da empresa. É o resultado dos aspectos no meio ambiente;

LOGO DA EMPRESA	DESCRIÇÃO DO FORMULÁRIO DO FMEA						Nº DOC.:	
							PAG.:	
							REV.:	
ASSUNTO: IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS								
Atividades desenvolvidas	Identificação			Avaliação			Intensidade do impacto	Forma atual de controle
	Aspectos ambientais	Impactos	Causa Potencial	M	F	D		
Ativid.1								
Ativid. 2								

Figura 2. Modelo de formulário do ECO-FMEA. Fonte: adaptado de Oliveira & Freitas (2011).

- d) Causa potencial:** Descrição da ação que possa resultar na geração do impacto;
- e) Avaliação:** Feita pelos critérios **magnitude (M)**, **frequência (F)** e **detecção (D)**, bem como pelo cálculo do **IRA ou total**, dado pela soma dos critérios anteriormente descritos ($M + F + D$). Segundo Oliveira & Freitas (2011), o critério **magnitude** representa a gravidade do impacto, considerando sua abrangência espacial (dimensão do dano) e reversibilidade (capacidade de remediar); **frequência** representa a probabilidade de ocorrência do impacto; **detecção** representa a facilidade com que se detecta o impacto causado, evitando-se, assim, uma tomada de grandes proporções, e se as iniciativas da empresa são suficientes para evitar conter ou reparar o impacto. **Magnitude, frequência e detecção** podem ser pontuadas conforme demonstrado nos Quadros 3, 4 e 5, respectivamente;
- f) Intensidade do impacto:** Preenchido conforme o resultado apresentado no item Total. Caso o resultado esteja entre 1 e 3 ($1 \leq \text{TOTAL} \leq 3$), o campo será preenchido com o termo “baixa”, pois sua classificação, conforme os critérios utilizados, indica magnitude e frequência baixas e detecção imediata com solução em curto ou médio prazo representando um impacto pequeno ou nulo. Caso o total tenha um resultado entre 4 e 6 ($4 \leq \text{TOTAL} \leq 6$), esse campo deverá ser preenchido com o termo “média ou moderada”, pois esse resultado indica que algum dos critérios apresentou um nível médio, sendo suficiente para que sejam tomadas ações de contenção ou controle. Caso o total tenha um resultado

Quadro 3. Critérios para pontuação da magnitude dos impactos ambientais.

Magnitude	Critério	Avaliação
Baixa	Impacto desprezível/restrito ao local de ocorrência, reversível com ações imediatas, sem possibilidade de danos pessoais	1
Média	Impacto considerável ao local de ocorrência, reversível com ações mitigadoras, com danos pessoais reversíveis	2
Alta	Impacto de grande extensão e/ou consequência irreversíveis, mesmo com ações mitigadoras, com danos pessoais irreversíveis	3

Fonte: Oliveira & Freitas (2011).

Quadro 4. Critérios para pontuação da frequência dos impactos ambientais.

Frequência	Critério	Avaliação
Baixa	Impacto improvável de ocorrer	1
Média	Impacto provável de ocorrer	2
Alta	Impacto esperado que ocorra	3

Fonte: Oliveira & Freitas (2011).

Quadro 5. Critérios para pontuação da detecção dos impactos ambientais.

Detecção	Critério	Avaliação
Baixa	Detecção imediata e iniciativas da empresa são suficientes para evitar que o impacto ocorra	1
Média	Detecção imediata e iniciativas da empresa são suficientes para conter e/ou reduzir o impacto	2
Alta	Detecção imediata sem iniciativas da empresa ou estas não são suficientes para evitar, conter ou reduzir o impacto	3

Fonte: Elaboração própria com base em Vandenbrande (1998).

entre 7 e 9 ($7 \leq \text{TOTAL} \leq 9$), esse campo deve ser preenchido com o termo “alta”, pois esse número indica que algum dos critérios apresentou um nível alto, necessitando de medidas especiais de ação de contenção ou controle;

g) Forma atual de controle: São as iniciativas adotadas pela organização para evitar ou mitigar que o impacto atinja grandes proporções.

Uma vez preenchido o formulário do ECO-FMEA, o impacto geral da organização (IA) será obtido pela média aritmética do item “Total” de cada impacto, sendo assim representado pela sua intensidade. Para tanto, a análise feita da intensidade do impacto organizacional é dada conforme o Quadro 6.

Uma vez aplicados os formulários e identificados com base no Quadro 6 – indicativo da intensidade do impacto da organização estudada –, passa-se, então, para a mensuração do nível de Produtividade Verde, obtido pela relação inversamente proporcional entre as variáveis produtividade e impacto ambiental.

4.3 Mensurando o nível de Produtividade Verde organizacional

Com base no trabalho de Kim & Hur (2003), entende-se que a Produtividade Verde é resultado da relação entre produtividade e impacto ambiental, duas variáveis inversamente proporcionais. Isto porque o conceito de PV traz em sua essência que as organizações podem contribuir para a sustentabilidade, obtendo uma produtividade alta e gerando um baixo impacto

ambiental. Tendo em vista que a variável produtividade na organização pode assumir um nível baixo, médio e alto (Quadro 2) e o impacto ambiental gerado pela empresa pode ser baixo, médio e alto (Quadro 6), é possível identificar os níveis de Produtividade Verde mediante o cruzamento dessas variações, como mostra a Figura 3.

Uma vez identificadas as combinações, estas representam os níveis de Produtividade Verde em que uma dada organização pode se encontrar em um determinado período. Ao destacar que a Produtividade Verde visa a contribuir para a sustentabilidade por meio de uma melhor produtividade e baixo impacto, tais combinações são avaliadas por tal ponto de vista. Neste sentido, verifica-se que a variável produtividade contribui positivamente no que tange à sustentabilidade, visto que quanto maior seu nível, menor o consumo de insumos de produção, geração de rejeito de produção, resíduos sólidos, emissões gasosas, efluentes líquidos e outros fatores oriundos das atividades desempenhadas na organização. Quanto ao impacto, este contribui negativamente do ponto de vista da sustentabilidade, visto que quanto maior for, maiores serão os danos causados ao meio ambiente e à sociedade. Tendo em vista essa análise, o Quadro 7 mostra a avaliação dos níveis de produtividade e de impactos dentro desse contexto.

Para tanto, o Quadro 8 indica os cruzamentos e suas respectivas avaliações do ponto de vista da sustentabilidade, apresentando como resultado os respectivos níveis de Produtividade Verde que esta pode assumir, bem como as possíveis situações em que a empresa pode se encontrar (ótima, boa,

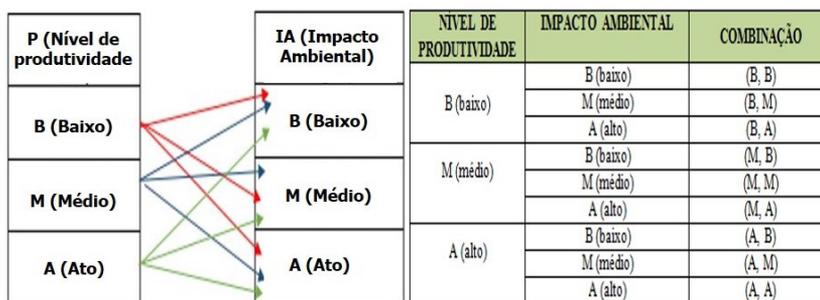


Figura 3. Cruzamento da variação dos níveis de produtividade e impacto ambiental. Fonte: Elaboração própria.

Quadro 6. Escala de análise do impacto organizacional.

Intensidade do impacto org.	Varição do impacto geral da org. (IA)
Baixo	$1 \leq IA \leq 3,9$
Médio	$4 \leq IA \leq 6,9$
Alto	$7 \leq IA \leq 9$

Fonte: Elaboração própria com base em Oliveira & Freitas (2011).

Quadro 7. Avaliação dos níveis de produtividade e impacto diante da sustentabilidade.

PRODUTIVIDADE	Análise na perspectiva da sustentabilidade	IMPACTO AMBIENTAL	Análise na perspectiva da sustentabilidade
B (Baixa)	(-) negativo	B (Baixo)	(+) positivo
M (Média)	(+ -) mais ou menos	M (Médio)	(+ -) mais ou menos
A (Alta)	(+) positivo	A (Alto)	(-) negativo

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 8. Avaliação dos níveis de Produtividade Verde diante da sustentabilidade.

Produtividade			Impacto ambiental			Situação da empresa	Nível de Produtividade Verde (PV)
Nível (P)		Intervalo	Nível (IA)		Intervalo		
A (Alto)	(+)	$(0,8 < P \leq 1)$	B (Baixo)	(+)	$(1 \leq IA \leq 3,9)$	ÓTIMA	Alta
M (Médio)	(+ -)	$(0,2 < P \leq 0,8)$	B (Baixo)	(+)	$(1 \leq IA \leq 3,9)$	BOA	
A (Alto)	(+)	$(0,8 < P \leq 1)$	M (Médio)	(+ -)	$(4 \leq IA \leq 6,9)$	BOA	
B (Baixo)	(-)	$(0 \leq P \leq 0,2)$	B (Baixo)	(+)	$(1 \leq IA \leq 3,9)$	REGULAR	Média
M (Médio)	(+ -)	$(0,2 < P \leq 0,8)$	M (Médio)	(+ -)	$(4 \leq IA \leq 6,9)$	REGULAR	
A (Alto)	(+)	$(0,8 < P \leq 1)$	A (Alto)	(-)	$(7 \leq IA \leq 9)$	REGULAR	
M (Médio)	(+)	$(0,2 < P \leq 0,8)$	A (Alto)	(-)	$(7 \leq IA \leq 9)$	RUIM	Baixa
B (Baixo)	(-)	$(0 \leq P \leq 0,2)$	M (Médio)	(+ -)	$(4 \leq IA \leq 6,9)$	RUIM	
B (Baixo)	(-)	$(0 \leq P \leq 0,2)$	A (Alto)	(-)	$(7 \leq IA \leq 9)$	PÉSSIMA	

Fonte: Elaboração própria.

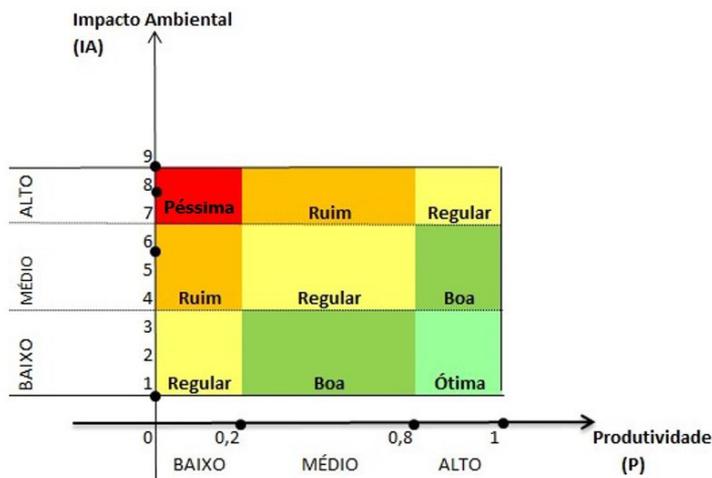


Figura 4. Situações da empresa em função dos níveis de Produtividade Verde (PV). Fonte: Elaboração própria.

regular, ruim e péssima), em função dos níveis de Produtividade Verde .

O Quadro 8 permitirá que, ao término da aplicação do modelo proposto, seja possível identificar o nível de Produtividade Verde da empresa estudada, com base em sua produtividade atual (nível baixo, médio ou alto) e impacto ambiental (nível baixo, médio ou alto), calculados anteriormente, podendo, assim, dar suporte às organizações para a identificação de medidas que venham contribuir para a melhoria desse nível.

A Figura 4 aparece como desdobramento do quadro, demonstrando, em áreas desenhadas, a partir

das escalas utilizadas para analisar a produtividade (Quadro 2) e o impacto ambiental (Quadro 6), as possíveis situações em que a empresa pode se encontrar (ótima, boa, regular, ruim e péssima), em função dos níveis de Produtividade Verde (alto, médio e alto) que esta pode assumir. Desta forma, uma empresa que possui um alto nível de Produtividade Verde pode estar em uma situação ótima (alto P e baixo IA) ou boa (alto P e médio IA/médio P e baixo IA); a que possui um médio nível de PV pode estar em situação regular (baixo P e IA ou médio P e IA, ou, ainda, alto P e IA); por fim, a empresa que se encontrar em nível

baixo pode estar em uma situação ruim (baixo P e médio IA ou médio P e alto IA) ou péssima (baixo P e alto IA).

A Figura 4 e o Quadro 8 permitem que ao término da aplicação do modelo proposto os valores encontrados, correspondentes à produtividade organizacional atual da empresa e ao impacto atual por esta gerado, formem uma combinação (P, IA), possibilitando, assim, identificar qual a situação atual da empresa na perspectiva da Produtividade Verde e o seu nível de PV (P, IA) atual, o que dará suporte às organizações para identificar medidas que venham contribuir para a melhoria desse nível e direcioná-las na busca pela sustentabilidade organizacional.

5 Considerações finais

O modelo proposto poderá ser utilizado em qualquer tipo de organização, especialmente naquelas com fins lucrativos. Sua contribuição teórica advém do preenchimento de uma lacuna existente na literatura referente à mensuração da Produtividade Verde em níveis (alto, médio, baixo), bem como à situação da empresa perante tais níveis (ótima, boa, regular, ruim e péssima).

Também cabe destacar que o modelo é flexível quanto ao tipo de ferramenta usada para avaliar o impacto ambiental gerado pelas organizações; que mesmo considerando seu alto poder de análise, o FMEA – utilizado na presente proposta – poderá ser substituído. Entretanto, tal substituição deverá ser feita por ferramentas que apresentem como resultados de suas análises os três níveis de impactos: alto, médio e baixo, o que permitirá manter os cruzamentos e as análises finais do modelo.

O modelo proposto apresenta como contribuição prática a identificação dos níveis de Produtividade Verde nas organizações possivelmente estudadas, permitindo a estas entenderem quais ações ou atividades geram impactos ambientais e, conseqüentemente, reduzem sua eficiência, aumentam seus custos, refletindo em sua produtividade.

Por fim, mesmo considerando a relevância e contribuições do modelo proposto, cabe sinalizar algumas possíveis limitações quanto à sua operacionalização: a falta de dados sistematizados sobre a empresa, principalmente referente à dimensão ambiental, e, por outro lado, a resistência das empresas em fornecer tais informações para a geração e o embasamento de trabalhos acadêmicos. Tal situação está mudando, mesmo que lentamente, em razão das crescentes pressões que as empresas vêm sofrendo, principalmente advindas do mercado.

Referências

- Andrade, M. R. S., & Turrioni, J. B. (2000). Uma metodologia de análise dos aspectos e impactos ambientais através do FMEA. In *Anais do XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)*. São Paulo: Poli-USP.
- Asian Productivity Organization – APO. (2006). *Handbook on green productivity*. Tokyo: Asian Productivity Organization.
- Avishek, K., Nathawat, M. S., & Pathak, G. (2008). Landscape ecological mapping: a tool towards green productivity. In *Proceedings of the 7th International Ecocity World Conference*. Vancouver: Ecocity. Recuperado em 24 de junho de 2013, de http://www.alchemicalnursery.org/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=162&Itemid=27
- Bleischwitz, R., & Von Weizsäcker, E. U. (1999). Green productivity: a strategy for a new era of technological and social progress. *New Economy*, 6(1), 40-43. <http://dx.doi.org/10.1111/1468-0041.00063>.
- Campos, V. F. (1999). *TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)*. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial.
- Cao, J. (2007). Measuring Green Productivity growth for China's manufacturing sectors: 1991-2000. *Asian Economic Journal*, 21(4), 425-451. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8381.2007.00265.x>.
- Carvalho, L. N., Matos, E. R. J., & Moraes, R. O. (2000). Contabilidade ambiental. *Pensar Contábil*, 3(8), 31-38.
- Contador, J. C. (1998). *Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa* (2. ed.). São Paulo: Edgard Blücher.
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. (2013). *Portal de periódicos*. Brasília. Recuperado em 24 de abril de 2013, de <http://www.periodicos.capes.gov.br>
- Costa, D. S., & Freitas, L. S. (2012). Utilização do método FMEA na identificação e análise dos impactos ambientais causados pelos postos de combustíveis. In *Anais do VII Encontro e Estudos sobre Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas (EGEPE)*. São Paulo: ANEGEPE.
- Findiastuti, W., Anityasari, M., & Singgih, M. L. (2011). Green Productivity index: do different terms measure the same things? In *Proceedings of Industrial Engineering and Service Science*. Surabaya: Institute of Technology Sepuluh Nopember.
- Gandhi, N. M., Selladurai, V., & Santhi, P. (2006). Green productivity indexing: a practical step towards integrating environmental protection into corporate performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 55(7), 594-606. <http://dx.doi.org/10.1108/17410400610702179>.
- Garcia, J. C. C. (2007). *Ecodesign: estudo de caso em uma indústria de móveis de escritório* (Dissertação de mestrado). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Hair, J. F., Jr., Babin, B., Money, A. H., & Samouel, P. (2005). *Fundamentos de métodos de pesquisa em*

- administração (L. B. Ribeiro, Trad.). Porto Alegre: The Bookman.
- Hang, N. T. B., & Hong, N. X. (2001). Sustainability of Green Productivity implementation at community level: a case study of Vietnam. In *Proceedings of 9th International Conference of Greening of Industry Network*. Bangkok: Vietnam Productivity Centre.
- Henson, R. P., & Culaba, A. B. (2004). A diagnostic model for green productivity assessment of manufacturing processes. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 9(6), 93-106.
- Hur, T., Kim, I., & Yamamoto, R. (2004). Measurement of green productivity and its improvement. *Journal of Cleaner Production*, 12(1), 673-683. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.08.004>.
- Kim, I., & Hur, T. (2003). *An attempt to measure Green Productivity*. Tokyo: Asian Productivity Organization. Recuperado em 26 de abril de 2013, de http://www.apo-tokyo.org/gp/manila_conf02/resource_papers/narrative/tak_hur.pdf
- Lima, T. C. S., & Mioto, R. C. T. (2007). Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. *Revista Katálysis*, 10(1), 37-45. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-49802007000300004>.
- Lin, E. Y., Chen, P., & Chen, C. (2013). Measuring green productivity on country: a generalized met frontier Malmquist productivity index approach. *Energy*, 1(1), 1-14.
- Logamuthu, Z. S., & Zailani, S. (2010). Factors influencing the implementation of green productivity practices and its effect on the organizational performance: a comparison study between EMS 14001 and ISO 9000 certified companies in Malaysia. *Asian Journal of Information Technology*, 9(2), 45-53. <http://dx.doi.org/10.3923/ajit.2010.45.53>.
- Martins, M. F., & Zambrano, T. F. (2003). Utilização da metodologia FMEA para análise dos impactos ambientais em uma empresa do ramo de usinagem. In *Anais do XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)*. Rio de Janeiro: ABEPRO.
- Mohanty, R. P., & Deshmukh, S. G. (1999). Managing green productivity: a case study. *Work Study*, 48(5), 165-169. <http://dx.doi.org/10.1108/00438029910279402>.
- Moharamnejad, N., & Azarkamand, S. (2007). Implementation of green productivity management in airline industry. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 4(1), 151-158. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03325973>.
- Moreira, A. C. (2002). *Conceitos de ambiente e de impacto ambiental aplicáveis ao meio urbano*. São Paulo: USP. Recuperado em 21 de março 2013, de http://www.usp.br/fau/docentes/deprojeto/a_moreira/producao/conceit.htm
- Moura, L. R. (2007). *Gestão da produtividade: como obter o máximo de resultados com o mínimo de recurso*. Vitória: Prodfor. Recuperado em 27 de abril de 2013, de <http://www.raizermoura.com.br>
- Oliveira, F. C., & Moura, H. J. T. (2009). Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. *Revista Pretexto*, 10(4), 79-98.
- Oliveira, L. N., & Freitas, L. S. (2011). O uso do FMEA como ferramenta de avaliação dos aspectos e impactos ambientais numa indústria de microeletrônica. In *Anais do XIII Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente (ENGEMA)*. São Paulo: ENGEMA.
- Paranis, M. (2003). Green Productivity in Asia and the Pacific Region. *Internacional Energy Journal*, 4(1), 53-61.
- Sampattagul, S., Kimura, Y., Sadamichi, Y., Widiyanto, A., Maruyama, N., & Kato, S. (2004). *An integrated life cycle eco-improvement and nets-green productivity index of vending machines*. Japan: ACLCA. Recuperado em 22 de junho de 2013, de http://lccacenter.org/inlca2004/papers/Sampattagul_S_paper.pdf
- Sánchez, L. E. (2011). *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Saxena, A. K., Bhardwaj, K. D., & Sinha, K. K. (2003). Sustainable growth through Green Productivity: a case of edible oil industry in India. *International Energy Journal*, 4(1), 81-91.
- Singgih, M. L., Suef, M., & Putra, C. A. (2010). Waste reduction with Green Productivity approach for increasing productivity: case study: PT Indopherin Jaya. In *Proceedings of the Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference*. Melaka: APIEMS.
- Sink, D. S. (1985). *Productivity management: planning, measurement and evaluation, control and improvement*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Sittichinnawng, A., & Peerapattana, P. (2012). Green productivity index of cayenne pepper production (case study in Nongkhai province). In *Proceedings of the 1st Mae Fah Luang University International Conference*. Thailand: ACLCA.
- Suder, A. (2006). Green Productivity and management. In *Proceedings of 2006 Technology Management for the Global Future - PICMET 2006 Conference*. New York: IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/PICMET.2006.296684>.
- Tangen, S. (2002). *Understanding the concept of productivity*. Recuperado em 19 de maio de 2013, de <http://www.woxencentrum.nu/documents/publications/papers/papTangen2002understandingTheConcepyofProductivity.pdf>
- Tuttle, T., & Heap, J. (2007). Green productivity: moving the agenda. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57(1), 93-106. <http://dx.doi.org/10.1108/17410400810841254>.
- Vandenbrande, W. W. (1998). How to use FMEA to reduce the size of your quality toolbox. *Quality Progress*, 31(11), 97-100.