

Avaliação do desempenho ambiental de inovações tecnológicas agroindustriais: método Ambitec-Ciclo de Vida

FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; ROSA, M. de F.; MATTOS, A. L. A.; MOTA, F. S. B.

Resumo: A avaliação de desempenho ambiental é uma ferramenta importante na busca do desenvolvimento sustentável, na medida que permite uma melhor compreensão dos aspectos ambientais de uma atividade, política ou inovação tecnológica capazes de provocar alterações no meio ambiente. Esse trabalho apresenta o método Ambitec-Ciclo de Vida de avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais. O objetivo geral do método é avaliar o desempenho ambiental de novos produtos agro-industriais, considerando o seu ciclo de vida e a vulnerabilidade ambiental de bacias hidrográficas às questões ambientais relacionadas às atividades agroindustriais. O método é aplicado na avaliação da inovação de produto “substrato de coco verde (SCV)”. A aplicação do método proposto permitiu identificar pontos críticos no desempenho ambiental do SCV, assim como apontar oportunidades de melhoria ao longo do ciclo de vida desse produto.

1. Introdução

Nos últimos vinte anos, a sociedade mundial vem discutindo o método sustentável de desenvolvimento como prerrogativa para que gerações atuais e futuras possam usufruir uma qualidade de vida condizente com as aspirações humanas de bem estar econômico, social e ecológico. Nas discussões sobre como alcançar um desenvolvimento que seja sustentável, existe um consenso sobre a importância das inovações agro-industriais nesse processo. Compreende-se por inovação tecnológica, um novo ou aprimorado produto ou processo (OECD, 1997).

Segundo o Conselho Mundial Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável – WBCSD (2001), atingir a sustentabilidade requer o desenvolvimento de inovações que tornem a produção industrial eficiente no uso dos recursos naturais. Nesse contexto, destaca-se a iniciativa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa em avaliar o impacto ambiental de suas inovações agroindustriais, com o desenvolvimento do método Ambitec-Agro que possui indicadores ecológicos e socioeconômicos (RODRIGUES et al., 2003). Esse método se caracteriza por ter como foco de avaliação a unidade produtiva onde uma inovação é adotada, não considerando outras etapas do ciclo de vida de inovações de produto e a vulnerabilidade de regiões às pressões ambientais oriundas de uma inovação.

Contudo, na última década, intensificou-se o debate sobre a importância de se avaliar o impacto de novos produtos ao longo de uma cadeia de produção, consumo e pós-consumo, ou seja, ao longo do seu ciclo de vida. Ressalta-se também a importância de se considerar a vulnerabilidade de ambientes frente às pressões exercidas por inovações agroindustriais, uma vez que diferentes ambientes são afetados de forma diferenciada, dependendo do seu estado de conservação e disponibilidade de recursos naturais.

Esse trabalho tem como objetivo apresentar o método Ambitec-Ciclo de Vida de avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais. O objetivo geral do método é avaliar o desempenho ambiental de novos produtos agro-industriais, considerando o seu ciclo de vida e a vulnerabilidade ambiental de bacias hidrográficas às questões ambientais relacionadas às atividades agroindustriais. O método é aplicado na avaliação da inovação de produto “substrato de coco verde”, desenvolvido pela Embrapa (ROSA et al., 2009).

2. Método Ambitec-Ciclo de Vida

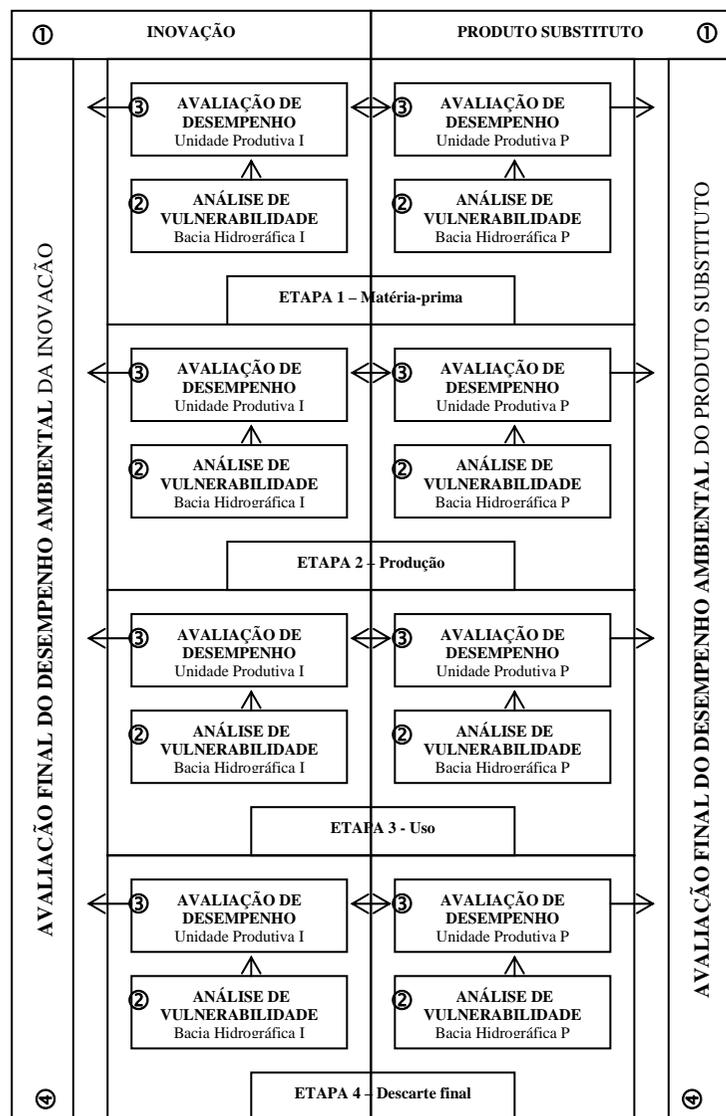
O modelo conceitual do Ambitec-Ciclo de Vida é apresentado na Figura 1. A estrutura geral do método está esquematizada no lado direito dessa Figura, revelando que a análise de desempenho é comparativa, ou seja, os resultados do desempenho de uma inovação são relativos aos resultados alcançados por um produto ou processo substituto existente que possui função igual ou similar no mercado. Essa estrutura também considera quatro etapas do ciclo de vida de uma inovação de

produto: produção da matéria-prima utilizada pelo produto, produção, uso e descarte final do produto. Em cada etapa, pode-se realizar uma análise de vulnerabilidade da bacia hidrográfica onde a etapa está situada. O resultado da análise de vulnerabilidade é utilizado na avaliação do desempenho ambiental em uma unidade produtiva ou de descarte de resíduos, escolhida como representante da etapa. Quanto maior a vulnerabilidade ambiental de uma bacia, maior o potencial de impacto relacionado aos consumos e emissões oriundos de uma inovação, reduzindo seu desempenho ambiental numa região. O desempenho da inovação em uma etapa é avaliado, comparando-se seus resultados com os obtidos por outro produto ou processo substituto. Uma vez que inovações de produto envolvem várias etapas do seu ciclo de vida, uma avaliação final considerando todas as etapas é importante. Os desempenhos ambientais finais de um produto novo e do seu substituto são obtidos pela agregação dos resultados da avaliação de desempenho de cada etapa.

No lado esquerdo da Figura 1, apresentam-se as ações que devem ser tomadas para implementação do método. Na ação de “planejamento da avaliação”, deve-se definir a função e a unidade funcional da inovação, identificar o produto ou processo tecnológico substituto utilizado na comparação e o fluxo de referência para o levantamento dos dados dos indicadores, de acordo com a norma ISO 14040 (ABNT, 1999). A função de uma inovação de processo ou de produto pode ser explicitada a partir da indagação do seu objetivo no agronegócio, quando utilizada. Produtos ou processos que possuem os mesmos objetivos ou prestam os mesmos serviços podem ser comparados com a definição de uma unidade funcional, ou seja, uma medida que quantifique sua função. Já o fluxo de referência do produto novo e do substituto, refere-se aos valores de produção relacionados a cada etapa do ciclo de vida considerada no estudo, para que a unidade funcional seja atendida.

Identificados os produtos e processos do estudo, devem-se escolher as unidades produtivas e de descarte onde os dados dos indicadores serão levantados, assim como identificar as bacias hidrográficas relacionadas, para realização da análise de vulnerabilidade, que é optativa. A ação de “análise de vulnerabilidade” avalia a susceptibilidade de uma bacia à ocorrência de impactos ambientais, considerando: a exposição da bacia às pressões ambientais típicas de atividades agroindustriais, avaliada por indicadores que mostram a pressão antrópica exercida no sistema; a sensibilidade da bacia às pressões exercidas, avaliada pelo uso de indicadores que mostram as características do meio físico e biótico (tipo de solo, clima, vegetação etc.) que já ocorrem antes de qualquer perturbação e que interagem com as pressões; e, a capacidade de resposta da população da bacia, avaliada pela adoção de ações de conservação ou preservação ambiental que mitigam ou reduzem os possíveis efeitos das pressões exercidas. Nessa análise, utiliza-se um conjunto de indicadores de vulnerabilidade ambiental (Figura 2) que são normalizados para uma unidade adimensional, tornando possível a agregação dos resultados em critérios de vulnerabilidade e, a agregação deles no índice de vulnerabilidade ambiental (IVA) de uma bacia hidrográfica. O índice de vulnerabilidade entra como um fator de ponderação na avaliação de desempenho da etapa sediada na bacia hidrográfica analisada. Quando não se deseja realizar a análise de vulnerabilidade, assume-se na avaliação de desempenho ambiental que a vulnerabilidade das bacias hidrográficas é mínima.

A “avaliação de desempenho ambiental em uma etapa” de uma inovação em uma unidade produtiva ou de descarte de resíduos é realizada em cada etapa do ciclo de vida, quando a inovação é de produto, e considerando apenas a etapa de uso, quando a inovação é de processo. Essa avaliação é realizada por um conjunto de indicadores, organizados em critérios, e esses, em princípios de desempenho ambiental (Figura 3). Desses indicadores, alguns são comuns às atividades agrícolas, agroindustriais e de descarte de resíduos, e outros são próprios de cada atividade.



Onde: I: Inovação; P: produto substituto.

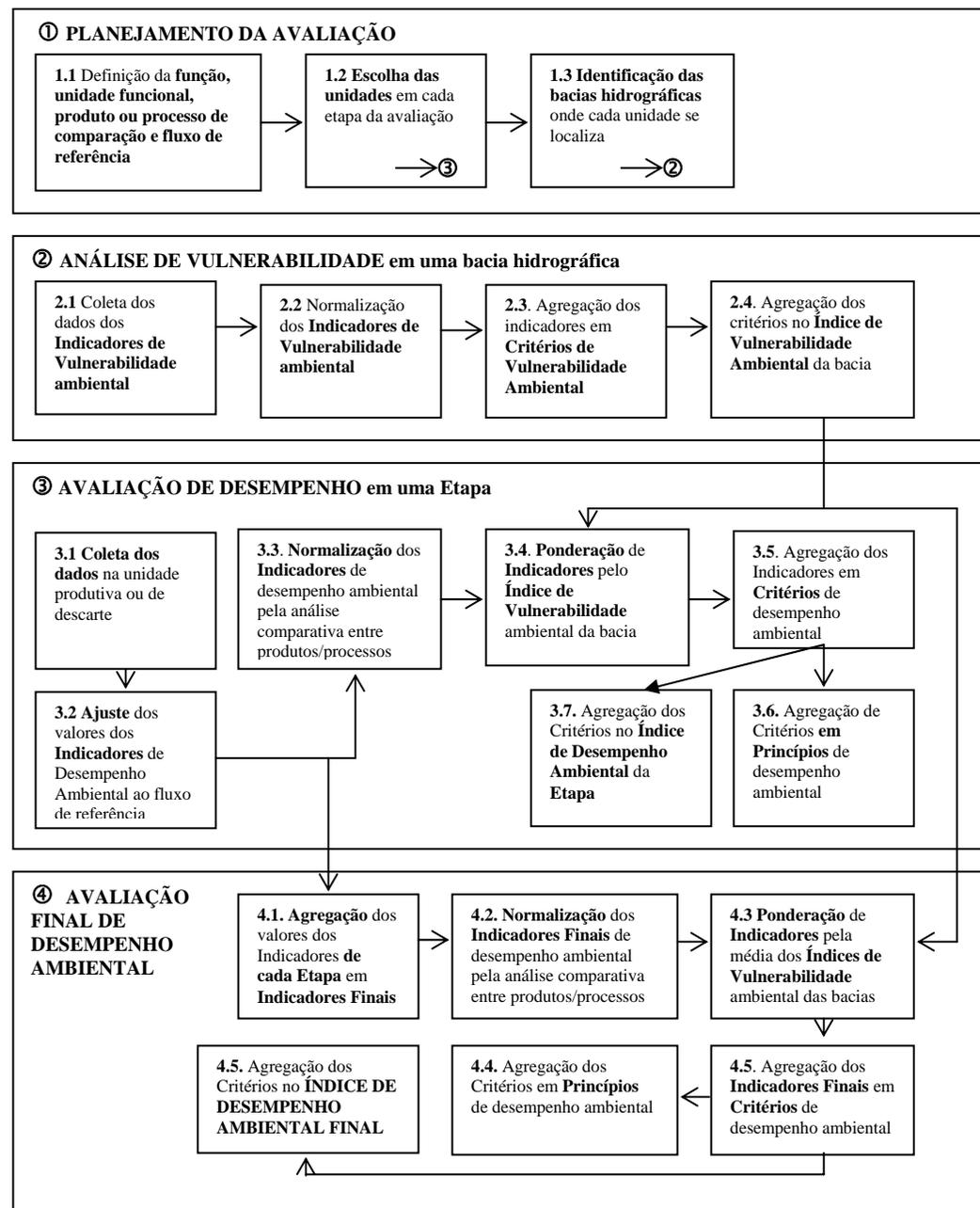


Figura 1. Detalhamento do método Ambitec–Ciclo de Vida de avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais

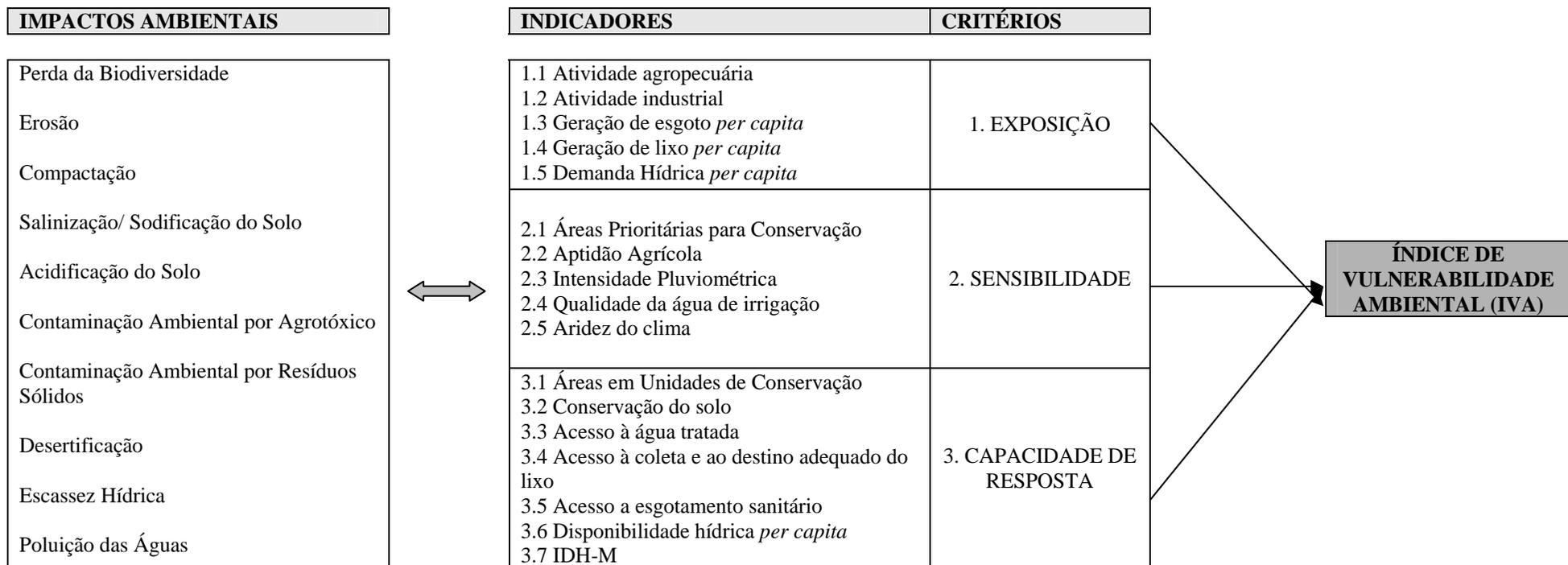


Figura 2. Estrutura de organização dos indicadores utilizados na análise da Vulnerabilidade Ambiental de uma bacia hidrográfica

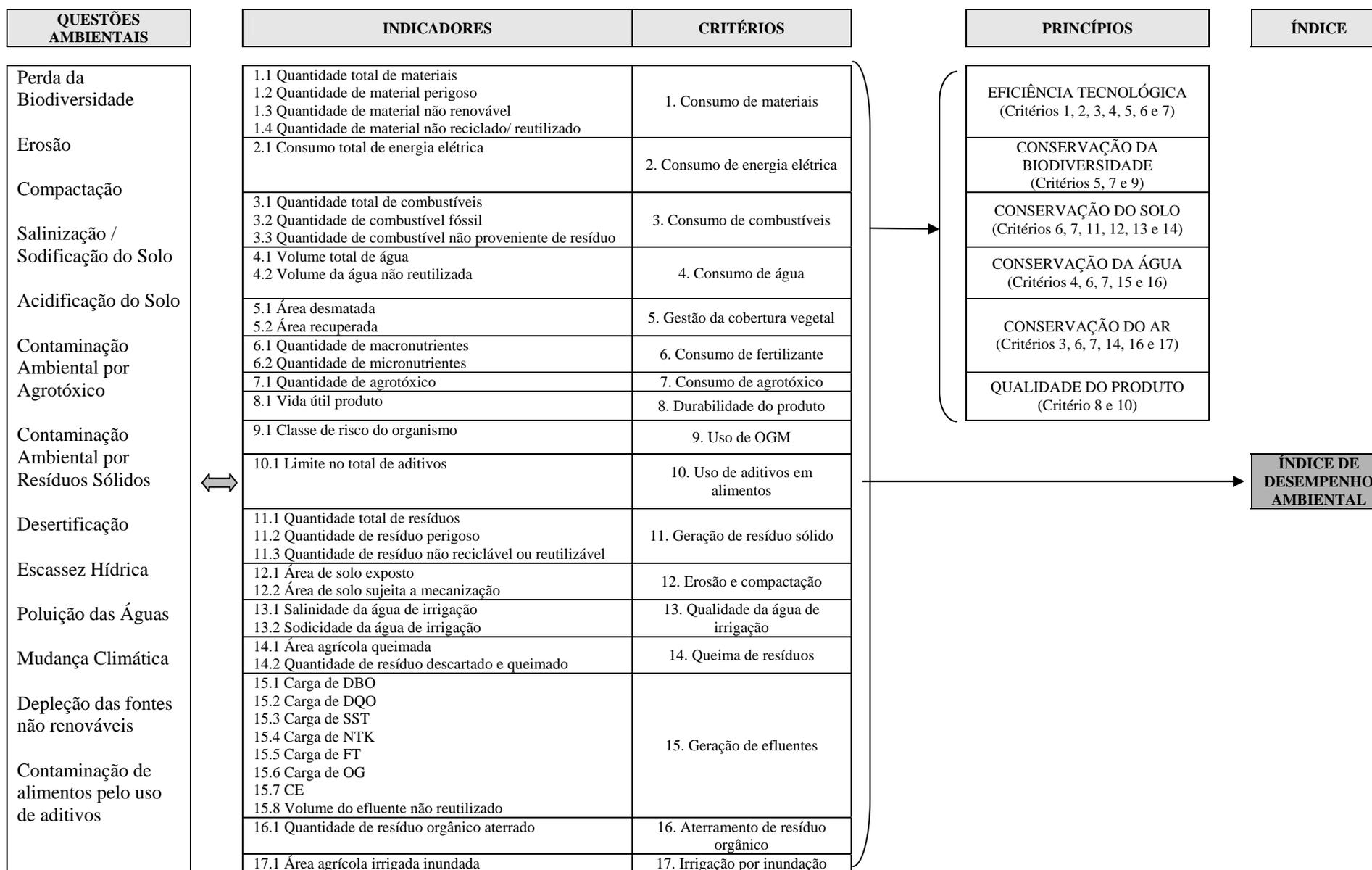


Figura 3. Estrutura de organização dos indicadores utilizados na avaliação de desempenho Ambiental de inovações

Inicialmente, os valores coletados para cada indicador de desempenho ambiental, relativos a uma massa de produção específica, são ajustados para a produção necessária ao fluxo de referência estabelecido, possibilitando uma comparação entre produtos ou processos em bases iguais. Realiza-se, então, a normalização dos valores dos indicadores de desempenho para uma escala adimensional, pela comparação dos valores relacionados à inovação com os obtidos para o produto ou processo substituto. Os valores normalizados dos indicadores com potencial de causar impactos locais e regionais, no âmbito de uma bacia hidrográfica, são ponderados pelo IVA da bacia onde a unidade está situada. Em seguida, os valores dos indicadores são agregados em critérios, esses em princípios e no índice de desempenho ambiental da inovação na etapa em estudo.

Na “avaliação final de desempenho ambiental”, os valores dos indicadores, já ajustados ao fluxo de referência, relativos a cada etapa do ciclo de vida do produto, são, então, agregados para obtenção dos valores totais dos indicadores ao longo do ciclo de vida. Esses valores totais são normalizados para uma unidade adimensional, pela comparação entre produtos (inovação e produto substituto), ponderados pela média dos índices de vulnerabilidade das bacias relacionadas ao ciclo de vida de um produto, agregados em critérios, esses, em princípios e no índice final de desempenho ambiental.

As descrições de cada indicador e as informações sobre as regras de normalização e de agregação dos dados, utilizadas na análise de vulnerabilidade de uma bacia e na avaliação de desempenho, encontram-se em Figueirêdo (2008) e Figueirêdo et al. (2009).

3. Estudo de Caso: substrato de coco verde (SCV)

O método Ambitec-Ciclo de Vida foi aplicado no estudo do desempenho ambiental do substrato de coco verde (SCV), uma inovação de produto desenvolvida pela Embrapa Agroindústria Tropical (ROSA et al, 2009). O SCV atua como um meio físico para o desenvolvimento de mudas, plantas olerícolas e flores em cultivo protegido, não buscando aportar nutrientes às plantas. Esse produto dá um uso à casca de coco verde, importante resíduo agroindustrial resultante do consumo da água de coco verde in natura ou envasada.

A avaliação de desempenho ambiental do SCV requereu inicialmente a definição de um produto existente com função similar no mercado, para a avaliação comparativa de desempenho entre os produtos. Foi estabelecido pela equipe de pesquisa e transferência de tecnologia da Embrapa que o “substrato de coco seco (SCS)” era o produto substituto com características mais próximas do SCV. O SCS é obtido a partir do processamento da casca de coco maduro, principalmente da variedade gigante, sendo mundialmente utilizado na produção hidropônica, desde a década de 1980. A casca de coco maduro representa 57% do peso do coco maduro (NUNES, 2002), sendo um resíduo agrícola resultante da extração da amêndoa do coco no campo, que é encaminhada às indústrias produtoras de leite de coco, coco ralado e derivados.

A análise de desempenho contemplou as seguintes etapas do ciclo de vida desses produtos: descarte das cascas de coco (Etapa 1), produção do substrato (Etapa 2), uso do substrato na produção de mudas (Etapa 3a), uso do substrato na produção de rosas (Etapa 3b) e descarte final do substrato (Etapa 4). A Etapa 1 se refere ao descarte de cascas (matéria-prima para produção do substrato) ao invés da produção de coco, uma vez que o coco é atualmente produzido para extração de água ou da amêndoa e não para produção de substrato, sendo então considerado como etapa inicial, a disposição de cascas não utilizadas. Assim, na Etapa 1 do ciclo de vida do SCV, avalia-se o descarte das cascas de coco seco, que deixam de ser utilizadas na produção do SCS. Já a Etapa 1 do ciclo de vida do SCS abrange o descarte das cascas de coco verde, que deixam de serem utilizadas na produção de SCV e são encaminhadas ao aterro sanitário para disposição final.

3.1 Planejamento da avaliação

As unidades produtivas e de descarte, onde foram realizadas as coletas de dados para cada indicador de desempenho ambiental, assim como a bacia hidrográfica onde cada unidade está inserida, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Unidades de Produção e de Descarte visitadas e suas respectivas bacias hidrográficas

		ETAPA 1 - Matéria-prima	ETAPA 2 - Produção	ETAPA 3 - Uso		ETAPA 4 - Descarte final
				ETAPA 3a - Uso na produção de mudas	ETAPA 3b - Uso na produção de rosas	
Substrato de coco verde (SCV)	Unidade de Produção ou descarte visitada	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês	Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa	Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa
	Bacia Hidrográfica para avaliação da vulnerabilidade	Metropolitana (CE)	Metropolitana (CE)	Parnaíba (CE)	Parnaíba (CE)	Parnaíba (CE)
Substrato de coco seco (SCS)	Unidade de Produção ou descarte visitada	Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc	Produção do SCS - Recicasco	Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de rosas Carola - Cearosa	Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa
	Bacia Hidrográfica para avaliação da vulnerabilidade	Litoral (CE)	Baixo Mundaú (AL)	Parnaíba (CE)	Parnaíba (CE)	Parnaíba (CE)

Foi assumida como função desses substratos “dar suporte físico ao enraizamento de roseiras, visando à produção de rosas”. A unidade funcional escolhida para medição dessa função foi “dar suporte à produção de uma rosa da variedade Carola”.

Para atender a unidade funcional de produção de uma rosa comercializável da variedade Carola, foram mensuradas as quantidades necessárias de SCV e de SCS, assim como as quantidades de cascas de coco verde e seco, necessárias à produção dos substratos, definindo-se um fluxo de referência para a avaliação de desempenho. Esse fluxo de referência é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Fluxo de referência dos valores de produção para atender a Unidade Funcional ao longo do ciclo de vida

PRODUTOS	ETAPA 1 – Descarte de cascas (Kg de cascas descartadas)	ETAPA 2 - Produção (Kg de substrato produzido)	ETAPA 3 - Uso		ETAPA 4 - Descarte final (número de rosas produzidas com substrato descartado)
			ETAPA 3a - Uso na produção de mudas (número de mudas viáveis produzidas)	ETAPA 3b - Uso na produção de rosas (número de rosas Carola comercializáveis)	
Substrato de coco verde - SCV	3,65	2,42	1	1	1
Substrato de coco seco - SCS	11,26	1,62	1	1	1

3.2 Análise de Vulnerabilidade

As unidades produtivas em estudo estão localizadas em quatro bacias hidrográficas: Metropolitana (CE), Litoral (CE), Baixo Mundaú (AL) e Parnaíba (CE) (Tabela 1). O resumo com os valores de vulnerabilidade obtidos para cada indicador, critério e IVAs das bacias (escala de vulnerabilidade variando de 1 a 2) estão apresentados na Tabela 3. Observou-se que as vulnerabilidades das bacias em estudo apresentam valor médio e são similares, provavelmente devido às mesmas se localizarem no nordeste brasileiro, onde algumas características do meio são comuns, como ocorrência de secas e de solos de baixa aptidão agrícola, as pressões humanas medianas e a capacidade de resposta social frente aos problemas ambientais em estudo, baixa.

Observa-se que o critério “exposição” apresentou vulnerabilidade média no Baixo Mundaú, principalmente devido à extensa área devotada à atividade agrícola, e baixa nas bacias Metropolitana, Litoral e Parnaíba. O critério “sensibilidade” obteve uma vulnerabilidade alta nas bacias do Parnaíba e Metropolitana, média no Litoral e baixa no Baixo Mundaú, quando se observaram apenas fatores do meio físico e biótico que influenciam na sensibilidade às questões ambientais analisadas. A sensibilidade alta está relacionada à alta intensidade pluviométrica e a aridez do clima (maior na bacia do Parnaíba). Já o critério “capacidade de resposta” mostrou uma vulnerabilidade alta nas bacias em estudo, devido principalmente aos baixos investimentos em áreas de conservação e baixa disponibilidade hídrica *per capita*.

3.3 Avaliação de desempenho ambiental

Na escala de desempenho ambiental utilizada que varia de 0 (mínimo) a 100 (máximo), o SCV apresentou um índice de desempenho ambiental final médio (64,06) inferior ao SCS (70,43) (Figura 4). Esse desempenho resultou do uso dos valores médios dos indicadores de desempenho em cada etapa da avaliação.

Contudo, supondo que os valores médio, mínimos e máximos dos indicadores possuem a mesma probabilidade de ocorrência, observa-se que não se pode afirmar que o SCV possui um desempenho inferior ao do SCS. Nas situações em que os indicadores apresentam valores médios ou máximos para o SCV (valores) e valores mínimos para o SCS, o SCV apresentou índice de desempenho ambiental final inferior ao do SCS. Entretanto, na situação em que os indicadores apresentaram valores mínimos para o SCV e máximos para o SCS, o índice de desempenho ambiental final do SCV foi superior ao do SCS.

Analisando-se o resultado da avaliação de desempenho em cada etapa, observa-se que as etapas 1 (descarte de cascas de coco), 3a (uso do substrato na produção de mudas) e 4 (descarte de substrato) apresentaram resultados satisfatórios para o SCV, enquanto as etapas 2 (produção de substrato) e 3b (uso na produção de rosas) obtiveram desempenho ambiental inferior, requerendo uma compreensão melhor dos critérios que contribuiriam para esse menor desempenho e das ações que podem ser adotadas para reverter essa situação.

Tabela 3. Resultado da análise de vulnerabilidade das bacias hidrográficas

Indicadores	Peso dos		Vulnerabilidade ambiental - Bacia Metropolitana (CE)			Vulnerabilidade ambiental - Bacia Litoral (CE)			Vulnerabilidade ambiental - Bacia Baixo Mundaú (AL)			Vulnerabilidade ambiental - Bacia Parnaíba (CE)		
	indicadores	Critérios	Indicadores	Critérios	IVA	Indicadores	Critérios	IVA	Indicadores	Critérios	IVA	Indicadores	Critérios	IVA
1.1 Atividade agropecuária	0,2	0,33	1,33	1,35	1,57	1,32	1,29	1,55	1,65	1,48	1,52	1,06	1,24	1,55
1.2 Atividade industrial	0,2		1,09			1,01			1,00			1,00		
1.3 Geração de esgoto <i>per capita</i>	0,2		1,48			1,13			1,42			1,19		
1.4 Geração de lixo per capita	0,2		1,78			1,97			1,71			1,90		
1.5 Demanda hídrica per capita	0,2		1,06			1,01			1,60			1,06		
soma de pesos =	1													
2.1 Áreas prioritárias para conservação	0,2	0,33	1,47	1,61		1,40	1,59		1,41	1,34		1,52	1,68	
2.2 Aptidão agrícola	0,2		1,63			1,58			1,28			1,69		
2.3 Intensidade Pluviométrica	0,2		1,80			1,80			1,78			1,87		
2.4 Qualidade da água de irrigação	0,2		1,54			1,50			1,14			1,61		
2.5 Aridez do clima	0,2		1,63			1,65			1,12			1,72		
soma de pesos =	1													
3.1 Áreas em Unidade de conservação	0,14	0,33	1,99	1,73		2,00	1,78		1,99	1,74		1,99	1,73	
3.2 Conservação do solo	0,14		1,78			1,88			1,92			1,89		
3.3 Acesso a rede de abastecimento de água	0,14		1,57			1,58			1,45			1,41		
3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo	0,14		1,65			1,68			1,66			1,58		
3.5 Acesso a esgotamento sanitário	0,14		1,80			1,93			1,79			1,86		
3.6 Disponibilidade Hídrica <i>per capita</i>	0,14		2,00			2,00			1,99			1,99		
3.7 IDH-M	0,14		1,34			1,38			1,40			1,36		
soma de pesos =	1	1												

Bases de dados consultadas para valoração dos indicadores: Base de dados da Agência Nacional de Águas - ANA (ANA, 2006), Censo Agropecuário (IBGE, 1996), Censo Demográfico (IBGE, 2000b), Cadastro Central de Empresas (IBGE, 2005), Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a), Mapa de Áreas Prioritárias para Conservação (MMA, 2006), Estudos de Aptidão Agrícola - Ceará e Alagoas (SUPLAN, 1979), Dados pluviométricos diários de postos de monitoramento da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME (FUNCEME, 2008), Rede Hidroclimática do Nordeste (Sudene, 2008), Dados georreferenciados de monitoramento da qualidade da água no Ceará (COGERH, 2008) e em Alagoas (ANA, 2007), Mapa de Áreas Suscetíveis à Desertificação no Semi-árido (MMA, 2004), Mapa de Áreas Protegidas (IBGE, 2008) e Unidades de Conservação no Ceará (SEMACE, 2008), Perfil dos Municípios Brasileiros (IBGE, 2002) e Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, 2003).

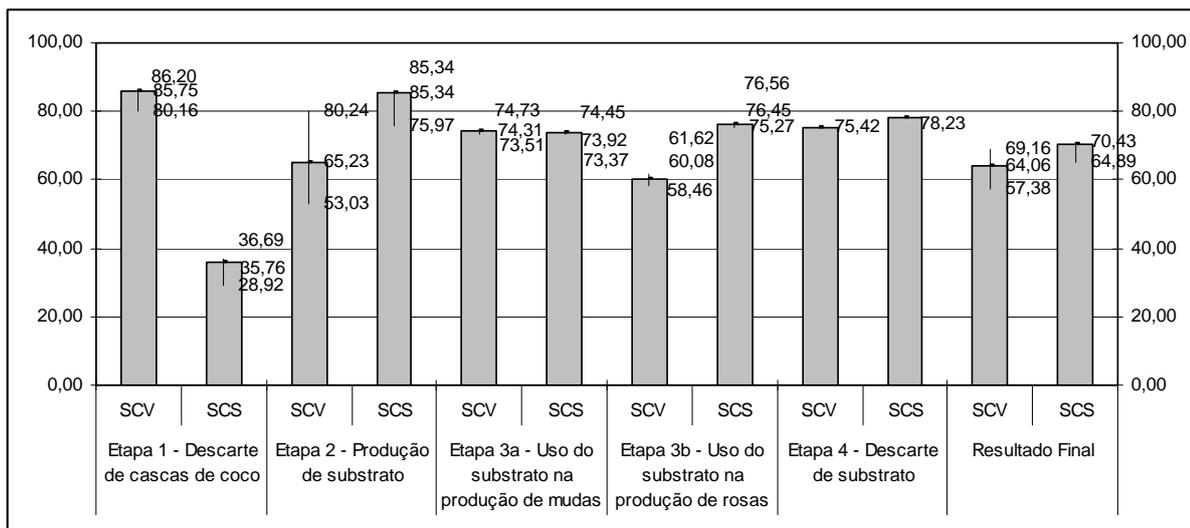


Figura 4. Índices de desempenho ambiental por etapa e final do SCV e do SCS

3.3.1 Desempenho ambiental do SCV e SCS na Etapa 2

Na Etapa 2 (produção de substrato), ocorre o menor desempenho ambiental do SCV (65,23) em relação ao SCS (85,24). Esse resultado decorre principalmente do baixo desempenho alcançado pelos seguintes critérios (Figura 5):

- consumo de água: o volume de água utilizado na produção de 2,42kg de SCV, necessária ao cultivo de uma rosa comercializável, é de 15,80 L, superior ao volume utilizado na produção de 1,62kg de SCS (8,61 L). A água é utilizada na produção de SCV para lavagem do substrato, visando reduzir sua condutividade elétrica (CE) a um dS/m e para lavagem das máquinas ao final de cada dia. O volume de água utilizado na produção do SCV pode ser reduzido com um aumento na eficiência do processo de prensagem, na retirada do líquido das cascas de coco verde (LCCV), do processo de lavagem do substrato e do processo de lavagem das máquinas. Uma maior prensagem das cascas reduz a quantidade de líquido retido no substrato, reduzindo sua CE e posterior necessidade de água para sua lavagem. Embora houvesse a indicação técnica de utilizar um volume de água de lavagem do SCV igual ao volume de substrato com retirada dessa água 24 h após a imersão, não foram utilizados equipamentos que permitissem esse controle de volume e do tempo, sendo em alguns momentos utilizada água corrente para redução da CE do substrato. Também, a lavagem das máquinas foi realizada com água corrente por períodos que variaram de meia à uma hora. Uma melhor limpeza manual dos equipamentos antes da lavagem e o uso de baldes reduzirá esse volume de água;
- consumo de energia: o consumo de energia por rosa na produção de SCV (0,32 kWh) é um pouco superior ao consumo na produção do SCS (0,22 kWh). Na produção de SCV, necessitou-se de energia para trituração, prensagem e separação do substrato. A quantidade de energia consumida na produção do SCV pode ser reduzida com melhorias no sistema de trituração que “engasgava” com resíduos mais sólidos provenientes do endocarpo do coco verde, acarretando freqüentes paradas na produção e aumentando o tempo de processamento e o consumo de energia pelas máquinas;
- geração de efluentes: a produção do SCV gera 12,51 L de efluentes com alta carga poluente, resultantes da prensagem da casca de coco verde (líquido da casca de coco verde – LCCV), da lavagem do substrato e da lavagem das máquinas. O efluente LCCV apresenta concentrações médias superiores de todos os parâmetros analisados em relação aos demais efluentes da produção de SCV e de SCS. Os efluentes gerados na produção de SCV apresentam uma CE média de 2,88 dS/m e uma carga média de 126,38g de DBO,

191,52g de DQO, 21,02g de SST, 0,39g de NTK, 0,43g de FT e 1,17g de OG. Para diminuir a carga poluente dos efluentes na produção do SCV, o volume de efluentes provenientes das lavagens das máquinas e do substrato deve ser reduzido, com um melhor controle do processo, como já foi indicado. Entretanto, como a principal carga poluente é proveniente do LCCV e este líquido precisa ser retirado com ainda maior eficiência, devem-se intensificar pesquisas para o reúso desse efluente em outros processos produtivos, como na geração de biogás ou fertirrigação;

- geração de resíduos sólidos: são gerados em média 0,90kg de resíduos na produção de 2,42kg de SCV utilizado no cultivo de uma rosa comercializável. Esses resíduos são provenientes das sobras de material que caem ao longo do processo de produção e de materiais que ainda não encontraram mercado. Essas sobras podem ser reintroduzidas no processo e o material oriundo do sistema de peneiras que retira fibras longas ainda incorporadas ao pó pode ser reservado para posterior mistura com outros materiais, uma vez que o mercado de substrato requer materiais com granulometrias diferentes para cultivos de diferentes espécies vegetais.

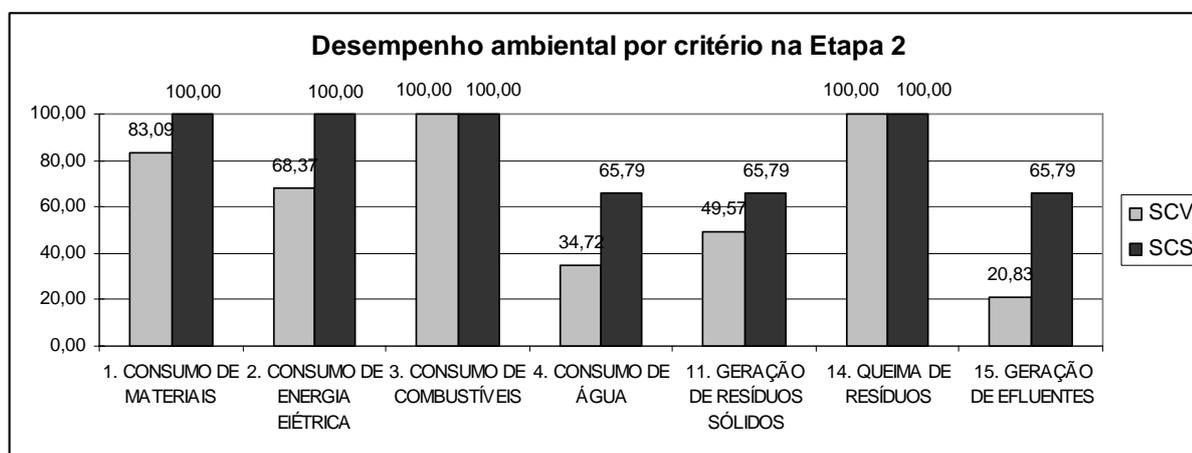


Figura 5. Desempenho ambiental por critério na Etapa 2

O elevado consumo de água e a geração de efluentes com alta carga poluente têm potencial de causar impactos significativos na bacia Metropolitana, provedora de água e receptora dos efluentes gerados na produção de SCV. Essa bacia já se apresenta com baixa capacidade de resposta quanto à disponibilidade hídrica e ao acesso da população a esgotamento sanitário, além de média exposição à geração de esgoto.

3.3.2 Desempenho ambiental do SCV e SCS na Etapa 3b

Na Etapa 3b (uso de substrato na produção de rosas), o SCV apresentou menor índice de desempenho (60,08) que o SCS (76,45), devido principalmente aos seguintes critérios (Figura 6):

- durabilidade do produto: foi observado que, após 60 dias de cultivo, o SCV começa a apresentar cheiro ruim (ovo podre) nos vasos utilizados para produção de rosas, indicando a ocorrência de decomposição anaeróbica, o que não ocorre com o SCS. Essa instabilidade do SCV reduz a oferta de oxigênio disponível às raízes das roseiras, contribuindo para um menor rendimento desse substrato. Ao final de 120 dias, foram produzidas 48 rosas Carola cultivadas em SCV e 78, em SCS. A menor durabilidade do SCV é decisiva no seu menor rendimento, repercutindo num maior consumo de fertilizantes, agrotóxicos, energia elétrica e geração de resíduos sólidos por rosa comercializável produzida. Para tanto,

deverá ser melhorado o processo de maturação desse substrato realizado na Etapa 2 de produção;

- consumo de água: observou-se que o consumo total de água por rosa Carola produzida em SCV foi de 94,12 L, utilizada na irrigação das roseiras e na lavagem de substrato no início e ao longo da produção nos vasos, para redução da sua CE. Uma maior eficiência na lavagem do substrato na Etapa 2 de produção reduzirá o consumo de água nessa etapa;
- geração de efluente: Os efluentes gerados na produção de rosas estiveram relacionados à lavagem dos substratos no início da produção e ao longo da mesma, para redução da CE dos substratos, e à drenagem da irrigação. Avaliando-se o volume de efluente e a carga gerada por rosa Carola comercializada, percebe-se que o cultivo de Carola com SCV gerou um maior volume de efluente (25,73 L) que o cultivo com SCS (10,56 L), assim como uma maior carga poluidora: 1,91 g de DBO, 6,81 g de DQO, 1,64 g de SST, 0,12g of NTK, 0,10 g de FT e 0,46 g de OG. Devido à mesma quantidade de fertilizante ter sido aplicada na água de irrigação dos substratos, a maior carga poluente resultante da drenagem do SCV decorre provavelmente da decomposição desse substrato após 60 dias de cultivo e da baixa absorção de nutrientes pelas raízes das roseiras cultivadas nesse substrato.

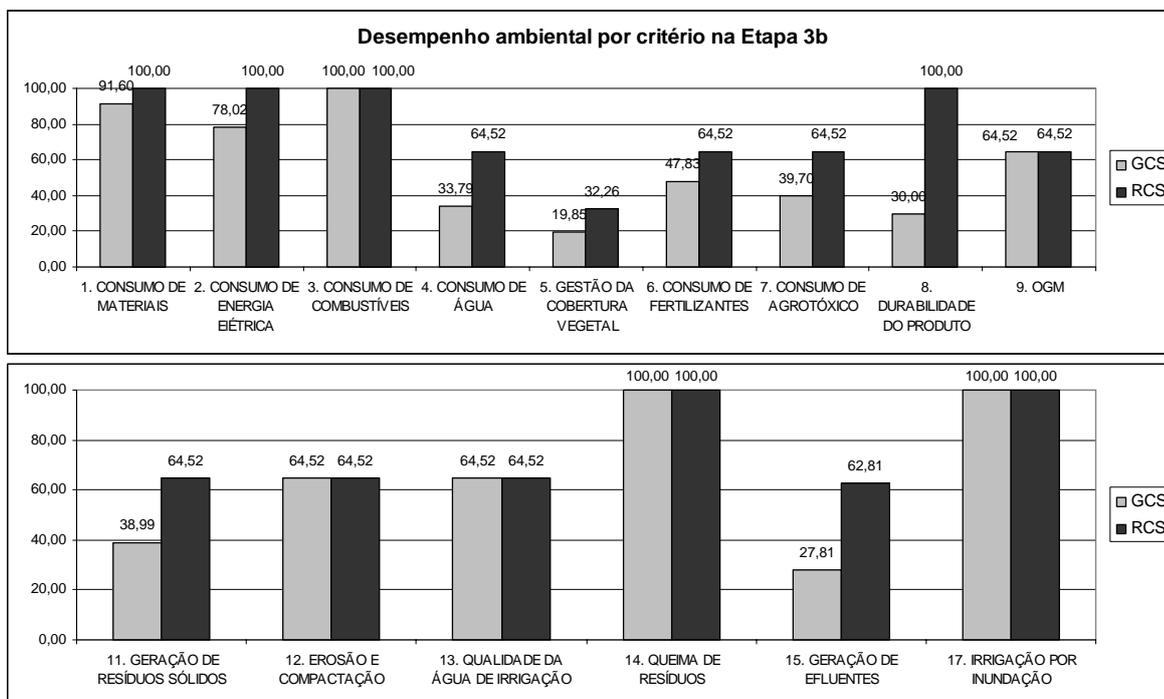


Figura 6. Desempenho ambiental por critério na Etapa 3b

A bacia do Parnaíba, provedora de água e receptora dos efluentes oriundos da Etapa 3b, apresenta vulnerabilidade alta à aridez do clima e à disponibilidade hídrica, assim como vulnerabilidade média ao acesso a esgotamento sanitário. Assim, é importante que melhorias sejam efetuadas no processo de produção de rosas utilizando SCV, no que se refere principalmente ao consumo de água e a geração de efluentes.

4. Considerações finais

O compromisso em desenvolver e difundir inovações agroindustriais capazes de contribuir para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental é premente nas instituições de

pesquisa em todo o mundo. Esse trabalho soma esforços nessa busca pelo desenvolvimento sustentável, apresentando um método de avaliação do desempenho ambiental de inovações agro-industriais que considera os conceitos de ciclo de vida e de vulnerabilidade ambiental.

A aplicação do método Ambitec-Ciclo de Vida gera benefícios e implica em desafios que precisam ser considerados quando do planejamento de um estudo do desempenho de uma inovação agroindustrial utilizando o método proposto.

Dentre os principais desafios inerentes à aplicação do método, ressaltam-se:

- definição da função do produto ou processo e sua unidade funcional, pois dependendo da definição adotada o resultado da avaliação se modifica. Por exemplo, o processo de beneficiamento da casca de coco verde gera fibra e pó que podem ser utilizados como substrato agrícola, mas a fibra também possui outras aplicações, podendo ser utilizada em estofamentos, artesanatos, produção de novos materiais, dentre outros usos. Caso a função do produto ou processo seja definida como “beneficiar cascas de coco verde”, o foco restringe-se a etapa de processamento das cascas e a comparação será realizada com outro processo que também beneficie as cascas do coco. Caso o foco do trabalho seja direcionado não para o processo de beneficiamento, mas para o produto “substrato” que suporta o enraizamento de mudas e de plantas em cultivos hidropônicos, o foco contemplaria as etapas do ciclo de vida do substrato e a comparação seria feita com outro produto similar, como o substrato de coco seco;

- escolha de unidades com produção representativa e que permitem a realização dos levantamentos de campo. Em muitas empresas, as informações requeridas pelo método (ex: consumo de água e energia por kg de produto) não estão disponíveis e para levantá-las é preciso acompanhar repetidas vezes o processo de produção, realizando-se mensurações que alteram a rotina de trabalho;

- demanda de tempo, pessoal capacitado e recursos financeiros para coleta dos dados que envolvem viagens e realização de análises laboratoriais. Esses recursos precisam ser planejados e alocados ao processo de pesquisa e desenvolvimento agroindustrial para que possam garantir uma ampla e consistente avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais.

Dentre os benefícios advindos com a aplicação do método, ressaltam-se:

- melhor compreensão do desempenho ambiental de uma inovação de produto, possibilitando à equipe de pesquisa e desenvolvimento ajustar aspectos do produto que são fontes potenciais de impacto ambiental não só no local onde é diretamente utilizado, mas também nas demais etapas do seu ciclo de vida. A análise isolada do desempenho de um novo produto em uma dada etapa do seu ciclo de vida pode levar a conclusão de que ele já se apresenta com reduzido impacto ambiental, quando comparado a outro produto substituto, não revelando pontos críticos em outras etapas do seu ciclo de vida que deveriam ser foco de aperfeiçoamento da pesquisa. A aplicação do modelo proposto na avaliação do SCV exemplifica essa situação, pois algumas etapas do ciclo de vida desse produto apresentaram desempenho satisfatório (etapa de descarte de matéria-prima e de uso do substrato na produção de mudas Carola), enquanto outras etapas (etapa de produção do substrato e de uso na produção de rosas) revelaram situações de menor eficiência no uso dos recursos naturais e maior geração de resíduos que devem ser consideradas para melhoria do desempenho desse produto;

- maior clareza das características dos produtos ou processos comparados, pela incorporação dos conceitos de função e unidade funcional no método de avaliação. Sem essa definição, corre-se um risco maior de comparação de produtos ou processos

com funções pouco parecidas e do levantamento de dados de consumo e de emissões para quantidades diferentes de produto final, conduzindo a uma interpretação equivocada dos resultados;

- a entrada de dados de consumo e de emissões de cada produto ou processo separadamente no método e sua posterior normalização, torna aparentes os valores envolvidos na comparação e o resultado da normalização dos mesmos, facilitando a compreensão do desempenho de um produto ou processo em relação ao outro. Essa entrada de dados também facilita a comparação de produtos que são fabricados, utilizados e/ou descartados em locais diferentes e de processos que são adotados em locais diferentes, não requerendo que o usuário de um produto ou processo novo possua conhecimento sobre o produto ou processo substituto na avaliação de desempenho;

- o estudo da vulnerabilidade de bacias hidrográficas na avaliação do desempenho ambiental de inovações permite analisar em quais bacias os impactos negativos se acentuam e em quais são minimizados, podendo-se construir cenários de uso da inovação que podem auxiliar na definição de estratégias de difusão tecnológica.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14031. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Banco de dados dos recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA. 2006. CD-ROM.

_____. Dados de condutividade elétrica de postos de monitoramento localizados na Bacia do Mundaú, 2007. Planilha eletrônica: Excel.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ (COGERH). Dados de salinidade e sodicidade em pontos de monitoramento da qualidade da água no Ceará (2006 – 2007), 2007. Planilha Eletrônica: Excel.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. Método de avaliação do desempenho ambiental de inovações tecnológicas agroindustriais, considerando o conceito de ciclo de vida e a vulnerabilidade ambiental: Ambitec-Ciclo de Vida. Tese de doutorado, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Brasil, 2008.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; MOTA, F. S. B., RODRIGUES, G. S.; CALDEIRA-PIRES, A.; ROSA, M. F.; VIEIRA, V. P. P. B. Method for considering life cycle thinking and watershed vulnerability analysis in the environmental performance evaluation of agro-industrial innovations (Ambitec-Life Cycle). Proceedings of the 6th Int. Conf. on LCA in the Agri-Food Sector. Zurich, 2009, p.159-168.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Agropecuário 1996. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/12/2007.

_____. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000a. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/12/2007.

_____. Censo Demográfico 2000b. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/12/2007.

_____. Pesquisa Perfil dos Municípios Brasileiros – Meio Ambiente: instrumentos de gestão ambiental. 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/munic_meio_ambiente_2002/index.htm>. Acesso em: 28/02/2008.

_____. Cadastro Nacional de Empresas 2005. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/12/2007.

_____. Mapa de Áreas Protegidas. Disponível em : <<http://mapas.ibge.gov.br/uc/Run.htm>>. Acesso em: 12/01/2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (MA). Aptidão agrícola das terras do Ceará. Brasília: MMA/SUPLAN, 1979.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação. 2004. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3812>> . Acesso em: 15/01/2008.

_____. Mapa das Áreas Prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3812>>. Acesso em: 15/01/2008.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Manual Oslo: Proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. 1997 [tradução realizada pela FINEP em 2004]. Disponível em: <<http://www.finep.org.br>> . Acesso em 20/09/2004.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil. 2003. Disponível em: < <http://www.pnud.org.br/atlas/> >. Acesso em: 12/11/2007.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária: AMBITEC-AGRO. Documento 34. Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente, 2003.

ROSA, M. F.; MATTOS, A. L. A.; CRISÓSTOMO, L. A.; FIGUEIRÊDO, M. C. B.; BEZERRA, F. C.; VERAS, L. G.; CORREIA, D. Aproveitamento da casca de coco verde. In: Apoio do BNB à Pesquisa e desenvolvimento da fruticultura regional. CARVALHO, J. M. M. (Org.). Fortaleza: BNB, 2009.

WORLD BUSINESS COMMISSION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). The business case for sustainable development. Making a difference toward the Johannesburg Summit 2002 and beyond. Suíça, Setembro, 2001.