

Desenvolvimento de metodologia de avaliação de impactos integrados do aquecimento global sobre a agricultura brasileira.

Maria Ester Dal-Poz - Universidade Estadual de Campinas

Igor Lopes Silveira Pinto - Universidade Estadual de Campinas

Jamile Coleti - Universidade Estadual de Campinas

Resumo

O presente estudo se contextualiza dentro do quadro de trabalhos tendo como problemática central os fenômenos resultantes das emissões de gases do efeito estufa a partir de atitudes antropogênicas, tendo como pauta principal o aquecimento global e seus impactos na agricultura.

Seu principal objetivo é esmiuçar os aspectos teóricos, metodológicos e conceituais fundamentais para a criação de uma ferramenta de avaliação *ex ante* que contemple os impactos gerados pela mudança climática na agricultura brasileira.

Tem como produto final a elaboração de uma ferramenta de avaliação possa subsidiar mudanças nas tomadas de decisões dos atores envolvidos na produção agrícola, de modo a contemplar múltiplas faces dos impactos da mudança climática sobre a agricultura, tendo como objetivo um patamar de maior sustentabilidade. A idéia é a construção de um instrumento afete a situação atual oferecendo aos atores respondentes informações sobre novas formas de produção agrícola sustentáveis, assim, gerando, sistemicamente, tomadas de decisão que tendam a uma condição mais sustentável. Tem-se como principal foco inovações tecnológicas e organizacionais, por exemplo: técnicas de Plantio Direto, Lavoura-Pecuária-Floresta, Plantio de Florestas e Agricultura de Baixo Carbono, etc., ou dispositivos de mercado, como os créditos de carbono.

Assume-se a possibilidade de cuidar dos efeitos apontados no âmbito de uma agricultura sustentável, partindo para práticas agrícolas que contribuam para a redução dos efeitos do aquecimento global e com a mitigação de efeitos provenientes de atividades econômicas humanas na sua atual forma ambientalmente indesejável.

O processo de mitigação vai além de técnicas redução dos efeitos considerados adversos que geram acumulação dos gases estufa, age num conjunto de disposições que permitem evoluir para a efetiva redução do problema. O presente artigo opta por adotar conceitos mais amplos sobre o termo, adota a idéia de que existirem n atores tomadores de decisão, e como essas decisões, sendo permeadas por um contexto de costumes, tendências, experiências e comportamentos que já estão consolidados e podem ser difíceis de serem alteradas. A mitigação é vista como o resultado de ciclos de médio e de longo prazo, de tomadas de decisões que podem fazer o sistema agrícola migrar para novos patamares produtivos, em direção à agricultura sustentável.

Sendo assim, apresenta-se uma estrutura teórico-conceitual e metodológica que possibilitará a construção de uma ferramenta prospectiva que seja capaz de fazer a avaliação *ex-ante* do problema referente às mudanças climáticas e seus impactos na agricultura e conjuntamente criar um impacto nas em toda a gama de micro-decisões tomadas pelos atores. Este é o passo inicial para que as ações mitigadoras da mudança climática possam ser amparadas. O instrumento desenvolvido deverá ser um meio poderoso que pode ser utilizado como forma de transformação de toda a realidade de tomada de decisões dos *stakeholders*. Posteriormente, através desta ferramenta será possível elaborar um software que auxilie em grande escala para a criação de políticas públicas ou mesmo avaliações prospectivas da iniciativa privada, tendo como objetivo atingir a sustentabilidade ambiental permeando o desenvolvimento. Desse modo, impactando sobre todo o contexto de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas globais dentro do contexto da agricultura brasileira.

Introdução

Este artigo se insere no amplo campo de estudos acerca dos impactos do fenômeno das emissões antropogênicas de carbono sobre o planeta e seus efeitos, em termos do aquecimento global, com foco na agricultura.

Tem como objetivo principal detalhar os aspectos teóricos, metodológicos e conceituais essenciais para a elaboração de uma ferramenta avaliação *ex ante* de impactos integrados daquelas emissões sobre a agricultura brasileira.

O produto da evolução deste trabalho deverá originar uma ferramenta de avaliação que – contemplando múltiplas dimensões do fenômeno de impacto do aquecimento global sobre a agricultura - venha endereçar mudanças nas decisões dos atores envolvidos nos processos de produção agrícola, em direção a um patamar de maior sustentabilidade. A idéia é avançar na construção de um instrumento de avaliação – que ofereça ao respondente, informações sobre novas formas de produção agrícola – poderá gerar, sistemicamente, ciclos de tomada de decisão que tendam à condição de maior sustentabilidade. Por isto, tem-se como foco o conjunto de inovações – tecnológicas ou organizacionais – como técnicas de Plantio Direto, Lavoura-Pecuária-Floresta, Plantio de Florestas e Agricultura de Baixo Carbono, etc., ou dispositivos de mercado, como os créditos de carbono; as áreas agrícolas consideradas para a análise são as definidas por Pinto & Assad (2008): cana-de-açúcar, mandioca, arroz, soja, algodão, feijão, café, milho e o girassol.

Segundo Raupach *et al.* (2007), *crece rapidamente a taxa de CO2 atmosférico derivada de atividades humanas, principal componente dos gases-estufa . Comparando 1990 com o período de 2000-2006 tal taxa aumentou de 1,3% para 3,3% y^{-1} , causando mudanças climáticas globais.*

Neste contexto, o conceito de *inovação induzida* – central para a elaboração da ferramenta, é o foco da pesquisa, uma vez que a adoção de novas tecnologias vem se mostrando como uma potente forma de endereçar a desaceleração dos processos de emissão de gases. Cabe então à pesquisa explorar a ampla frente de investigações acerca dos jogos empíricos de adoção tecnológica, sob a perspectiva econômica.

A produção científica - em especial na última década – avança na comprovação das relações entre mudanças climáticas e emissões de gases, e que a variação de seus impactos se dará apenas na intensidade com que aquelas mudanças afetarão diferentes atividades humanas. No caso da agricultura, tais efeitos se mostram de grande importância, dados os fortes nexos entre agricultura e a produção de alimentos.

No entanto, o desafio de estabelecer relações de causalidade entre as emissões de gases de efeito estufa e seus impactos globais continua praticamente intocado pelos esforços de investigação. A Terra não é um sistema fechado, cujas variáveis relativas aos efeitos do aquecimento global possam ser isoladas, como nos procedimentos típicos da “ciência normal” (KUHN, 1978). Neste contexto, estabelecer a dita causalidade, de modo incontestável, parece ser uma empreita de longo prazo e resultados imprevisíveis, cujo caráter é claramente *diagnóstico*.

Não está, em absoluto, descartada a visão de que tais esforços sejam necessários, assim como os estudos de avaliação macroeconômica *ex post* (Domingues *et al.*, 2008), que analisam cenários de impacto econômico por modelos de equilíbrio geral. No entanto, este artigo se volta para uma complementar posição para a questão acima apontada: a de que se possa optar por ações que enderecem o *tratamento* daqueles efeitos, ou seja, para sua *mitigação*.

Assume-se, assim, que seja possível tratar dos efeitos apontados no âmbito de uma agricultura sustentável, avançando para a idéia de práticas agrícolas que não somente contribuam para a redução dos efeitos do aquecimento global, mas também para a mitigação de outros efeitos das atividades econômicas humanas na sua atual forma ambientalmente indesejável.

Por *mitigação* não se entende apenas as ações técnicas que possam vir a reduzir os efeitos adversos da acumulação de gases estufa, mas um conjunto de disposições que possam – para além da discussão de causalidade já apontada – evoluir para a efetiva redução do problema. Este artigo opta, então, por adotar conceitos mais amplos deste termo, explorando a idéia que existem inúmeros atores tomadores de decisão, e como essas decisões, sendo permeadas por todo um contexto de costumes, tendências, experiências e comportamentos já consolidados – podem ser difíceis de serem alteradas. A mitigação é, então, aqui vista como o resultado de ciclos de médio e de longo prazo, de tomadas de decisões que possam fazer o sistema agrícola migrar para novos patamares produtivos, em direção à agricultura sustentável.

No caso em tela, o foco está colocado em quatro questões que orientarão teórica, conceitual e metodologicamente, a construção da ferramenta. São elas:

1. A importância dos estudos sobre percepção de risco (WEBER, 2006) dos efeitos do aquecimento global sobre a agricultura e os comportamentos de escolha por parte de atores envolvidos com a agricultura – no campo da teoria da decisão, nas suas vertentes econômica e social.
2. A constatação de que, como problema multidimensional, o fenômeno do aquecimento global impõe o uso de estruturas analíticas e de avaliação capazes de contemplar, de modo integrado, diferentes dimensões dos fenômenos aos quais este problema se relaciona, utilizando-se para isto, métodos multi-critério e multi-atributo (MARTÍNEZ, 1998). Tal constatação encaminha o caráter prospectivo da ferramenta, de modo que os diferentes atores do setor agrícola obtenham, por meio de seu uso, melhores condições e informações para avaliar os impactos futuros de suas decisões.
3. **Os aspectos centrais para o desenvolvimento da ferramenta de avaliação**, no que se relaciona com o papel das *tecnologias* agrícolas e dispositivos de mercado potencialmente capazes de reduzir emissões – assumindo-se que a inovação, nas suas faces tecnológica e organizacional, poderá ser um dos mais importantes motores das mudanças em direção à mitigação de efeitos do aquecimento global e para a economia sustentável (NIDUMOLU *et al.*, 2009).
4. A inserção deste tipo de ferramenta com **a formulação e implementação de políticas públicas de produção sustentável** (MUELLER, 1997).

Sendo este um artigo de posicionamento metodológico, não tratará diretamente da última questão, a não ser na forma dos jogos interativos e iterativos de adoção tecnológica.

O estudo, então, encaminha uma estrutura de análise – providência preliminar e insubstituível – para a construção de um instrumento de avaliação capaz de gerar um sistema de

responsabilização, envolvendo atores do sistema agrícola, sociedade em geral e Estado, de modo a encorajar a mudança tecnológica para a mitigação dos efeitos do aquecimento global. Uma vez desenvolvido e difundido, este instrumento poderá compor as políticas de controle dos efeitos do aquecimento global, promovendo a co-evolução das demandas tecnológicas e de mercados agrícolas baseados em produção sustentável.

1. As quatro questões centrais da mitigação dos efeitos do aquecimento global

1.1 Percepção de risco

Segundo Weber (2006), *percepções de risco (dos efeitos das emissões de gases) podem ser orientadas por variáveis afetivas (como o medo) ou cognitivas (que apontam para conseqüências)*.

De acordo com Loewenstein (2001), a tomada de decisão, como consequência da percepção que o tomador de decisão tem acerca do fenômeno apreciado, é influenciada por fatores experimentais (sentimentos, imaginação e valores); o autor demonstra que as respostas públicas à mudança climática são influenciadas por todos estes fatores – psicológicos, sociais e culturais.

Como um conjunto de *n* atores pode passar a adotar, então, novas posições de produção e consumo, de modo a gerar ciclos produtivos e de consumo mais sustentáveis, se nem de forma cognitiva, nem afetiva, os riscos do aquecimento global podem ser claramente percebidos?

Estabelecer tal patamar de sustentabilidade, considerando-se os riscos em tela, envolve uma constante mudança nas formas e tipos de decisões que atores de infindáveis tipos passarão a tomar. A percepção acerca dos riscos e impactos potenciais do fenômeno do aquecimento global que atores envolvidos na produção agrícola e de modo a gerar m número n de decisões micro, meso e macro estruturais, que apresentem clara tendência à condição de sustentabilidade.

Introduz-se aqui, então, a problematização acerca de que a questão da percepção de risco é central para a construção da ferramenta de avaliação, se o objetivo é que a aplicação de tal instrumento seja um tipo de motor para um conjunto de decisões prospectivas minimizadoras das emissões. Assim, o instrumento deverá:

- *Aumentar a percepção* de diferentes atores ligados ao tema de aquecimento global na agricultura, de modo que cada micro-decisão – como adotar ou não determinada tecnologia agrícola envolvida com a minimização das emissões de gases – passe a compor tanto a agenda de tal ator, como a agenda de governos e órgão financiadores.
- *Permitir o crescimento da adoção* de tecnologias mitigadoras de impacto, num processo de *inovação mitigadora induzida*.

Neste sentido, o instrumento de avaliação deverá *a)* apresentar fortes com dispositivos de mercados, por exemplo, como a oferta de crédito, incentivos fiscais e tributários, etc. para produtores que optarem por determinadas práticas agrícolas de cunho sustentável; *b)* permitir a coleta de informações sistêmicas acerca de tais micro-tomadas de decisão, fazendo interagir os campos das políticas públicas e dos mercados.

O caráter promotor da percepção de risco e tomada de decisão minimizadora dos efeitos do aquecimento global é condição facilitadora para a difusão de políticas cujos objetivos são garantir maior sustentabilidade nos sentidos econômico, ambiental e social.

As seguintes providências – estacadas na estrutura teórico-conceitual que este artigo apresenta - permitirão construir o instrumento que, aumente a percepção de risco e possa contemplar a heterogeneidade de opções e critérios relevantes para diferentes atores:

- a) Consultas a Grupos Focais Locais¹, por meio de painéis, segundo os estudos de além dos fatores condicionantes de tais cenários, visando analisar as peculiaridades de cada grupo de atores e modelar novas possibilidades com caráter sustentável, e assim entendendo os interesses de todos os *stakeholders*, como sindicatos rurais e de produtores, associações, representantes da EMBRAPA, etc.;
- b) Validação da estrutura hierárquica de impactos junto a tais *stakeholders* (painéis de validação).

1.2 O caráter multidimensional e prospectivo do problema

Este item apresenta bases teóricas que possam fazer com que a ferramenta que se pretende elaborar seja capaz de captar múltiplas dimensões do fenômeno de avaliação do aquecimento global sobre a agricultura. Para tal, serão discutidas as questões acerca: *i)* dos métodos multicritério, *ii)* do caráter *ex ante* da ferramenta e dos campos teóricos que deverão subsidiar a formulação de um instrumento de indução do uso de novas tecnologias para a mitigação do aquecimento global., *iii)* dos cenários da avaliação e

i) Métodos multicritério

O presente estudo tem como arcabouço metodológico os instrumentos de avaliação e tomada de decisão *multicritério*. Tais métodos visam dar tratamento matemático à problemática das preferências e percepções individuais influenciam em um sistema coletivo de tomada de decisão. Procuram (Roy e Bouyssou, 1993) obter respostas de acordo com as situações enfrentadas pelos atores que participam do processo decisório e demonstrar cada possibilidade de ação e deixar objetiva a relação entre a evolução da tomada de decisão com os objetivos e valores de cada um de seus atores .

Os principais métodos da abordagem multicritério aqui considerados são:

- AHP (*Analytical Hierarchy Process*, Saaty, 1980) que hierarquiza as importantes dimensões do fenômeno a ser avaliado, permitindo isolar, analiticamente, os aspectos a serem avaliados e fornecendo precisão metodológica ao avaliador.
- Electre III (*Elimination et Choix Traduisant La Réalité*), método que considera simultaneamente todas as *k* ações possíveis a serem testadas numa grande matriz de desempenho (Zackiewicks, 2005). É uma alternativa metodológica pois permite que os atores relevantes do fenômeno avaliado possam hierarquizar e priorizar as alternativas de maior aderência com a sua realidade.
- MDM (*Multi Dimensional Method of Evaluation*), que contempla o fenômeno de avaliação num nível macro estrutural e as múltiplas dimensões da avaliação,

¹ Contemplando alta diversidade de atores relacionados com a produção agrícola para a elaboração da ferramenta e de suas escalas de mensuração, segundo Pinto & Assad, 2008.

compreendendo interesses de atores diversos. Permite organizar de modo epistemologicamente coeso e exaustivo, diferentes dimensões a serem avaliadas.

- BETA (*Bureau d'Economie Théorique ET Appliquée*), baseado em uma escala de preferências padronizadas que atua a partir dos níveis mais desagregados e organiza as ponderações realizadas; permite encontrar as variáveis relevantes para a problemática e atribuir *scores* para cada um dos critérios, dentro de um sistema de critérios. Representam abordagem de avaliação *ex ante*, pois são interativos e evolucionários, permitindo estabelecer um padrão de compromisso entre os formuladores do método de avaliação e seus usuários. Leva em conta que os atores respondentes, uma vez participando do processo de avaliação, tomam contato com dimensões importantes do fenômeno que está sendo avaliado. Tais atores podem, então, ganhar aprendizado sobre como participar da mitigação dos impactos que ele agora avalia, tendo oportunidade de internalizar tais dimensões que podem passar a fazer parte da sua agenda de preocupações.

O modelo BETA parece o mais adequado para orientar a construção da ferramenta, pois os atores envolvidos na avaliação devem não apenas responder questões, mas passar a interagir com o problema. Esta é uma disposição de avaliação *ex ante*, ou seja, não apenas se avalia o que já aconteceu, mas passa-se a trabalhar para sua melhoria. Pressupõe aprendizagem dos atores: as instituições participantes da avaliação passam a compor a rede de formuladores de políticas que mitiguem os impactos do fenômeno, fazendo com que o formulador de políticas conte com uma rede de atores capazes de agir no nível micro estrutural.

Sobre a aderência das quatro abordagens multicritério analisadas constata-se que: O MDM apresenta disposição analítica macro-estrutural, pressupondo uma necessidade analítica de contemplar múltiplas dimensões sobre o fenômeno a ser avaliado. O AHP põe foco nas questões meso-analíticas, pois se foca na hierarquização de fatores relativos a cada uma das dimensões relevantes da avaliação. O Electre presume que qualquer método de avaliação será minimamente eficiente se contemplar o universo micro-estrutural das escolhas dos atores. Já o BETA, não desconsiderando nenhuma das questões anteriormente apontadas, está interessado nas questões que permitem aos métodos de avaliação provocarem um aprendizado e responsabilização dos *stakeholders*.

ii) o caráter *ex ante* da ferramenta: prospectivo e indutivo

A questão aqui detalhada é encaminhar processos de tomada de decisão acerca da adoção de novas tecnologias ou formas organizacionais da produção² que efetivamente reduzam as emissões de gases. As avaliações de impacto clássicas, do tipo *ex post*, fornecem cenários diagnósticos necessários, mas ainda assim insuficientes. Não se pretende aqui afirmar que um instrumento de avaliação *ex ante* tenha – sozinho – o poder de resolver tamanho problema derivado das ações humanas; mas apenas que este caminho – de difundir sistemas de tomada de decisão pró-redução e aumento da percepção de vulnerabilidade resultante das emissões, possa ser parte de todo um processo que resulte em uma minimização eficaz dos efeitos danosos derivados dessas ações antropogênicas.

Avaliação *ex-ante* remete a uma execução que tem como propósito auxiliar na definição de prioridades relacionadas à problemática. Avaliação *ex-post* é realizada após a finalização do programa ou projeto e tem como objetivos definir os impactos reais sofridos pelo ambiente (*ex-post*).

² Por parte de múltiplos e diferentes atores, mas não excluindo o fato de que alguns deles são verdadeiramente os tomadores de decisão, como é o caso do Estado.

Mostra-se pertinente, no caso em tela, a idéia de avaliação *ex ante* e prospectiva, que tenha como resultado uma maior responsabilização dos atores envolvidos (no sentido de criar um ciclo evolutivo de tomadas de decisões que minimizem os efeitos das emissões de gases). Esta disposição leva em conta que apenas políticas públicas de caráter normativo ou medidas de incentivo não sejam capazes, sozinhas, de alterar todo o fluxo de tomadas de decisão, já enraizado nos atores, que resultam em um contínuo agravamento do problema. Existe carência de preenchimento de uma lacuna de ações que possam balizar cada decisão em todos os níveis de micro-decisões, pois a cada momento em que um agricultor, pesquisador, trabalhador rural, etc. opta por determinada técnica de plantio ou variedade de planta, essa decisão tem a capacidade de maximizar ou minimizar as emissões de gases que agravam o efeito estufa.

Para que se avaliem os impactos de modo compreensivo, serão desenvolvidas estruturas hierárquicas que relacionam tecnologias mitigadoras e a possibilidade de sua adoção, sob o cenário dado pelos diferentes aspectos envolvidos no impacto do aquecimento global sobre a agricultura, a partir de três grandes esferas: Mercado, Tecnologia e Políticas Públicas. As inovações tecnológicas e organizacionais potencialmente mitigadoras de aquecimento global serão utilizadas como "*entrada*" para captar questões relativas aos mercados e às políticas públicas. Realizar-se-á na forma de questionário fincado em hierarquias (ou *árvore de critérios*) entre variáveis relacionadas ao objeto (impacto) de modo a que todas as dimensões relevantes da avaliação sejam contempladas. O estudo se foca nos impactos causados na agricultura de relevância para o país, sendo as principais culturas o objeto de avaliação principal: cana-de-açúcar, mandioca, arroz, soja, algodão, feijão, café, milho e o girassol, segundo (Pinto & Assad (2008).

Em termos dos benefícios econômicos, os seguintes campos de pesquisa econômica são discutidos, já que permitem a modelar os resultados dos investimentos de maximização de lucros em Pesquisa e Desenvolvimento e suas relações com as políticas de mitigação dos efeitos da emissão de gases estufa:

- Mudança técnica e crescimento econômico (JAFFE *et al.* 2003), em especial sobre as funções de produção (agrícola), crescimento da produtividade e mudança técnica.
- Jogos de adoção tecnológica, a racionalidade econômica envolvida na adoção-não-adoção de tecnologias, custo de adoção da nova tecnologia e seus efeitos desiguais para diferentes agricultores, modelos de benefícios e custos das adoções (SURI, 2006; ROZENWEIG & BINSWANGER, 1993).
- Relações entre a intervenção governamental para o bem público (a indução da adoção tecnológica em direção à mitigação) (GINTIS ET al.2005).
- As formas e motores dos como os comportamentos humanos (de adoção positiva de novas tecnologias mitigadoras) se movem, a partir de ações institucionais (de cunho governamental) (ROE, 2005).

iii) Os cenários da avaliação

Dois tipos de cenários serão contemplados para a elaboração da ferramenta: o cenário de fundo (a partir dos modelos de aquecimento global) e os cenários de zoneamento agrícola (que permitirão mapear os atores participantes dos painéis de validação da ferramenta).

O cenário de aquecimento global adotado será o dado pelo modelo climático GISS (*Goddard Intitute for Space Studies*), que apresenta predição da atmosfera e estruturas climáticas no planeta durante o século XXI, combinando a análise de bancos de dados compreensivos globais com modelos globais atmosféricos, de superfície terrestre e processos oceânicos.

Quanto às escalas de mensuração dos impactos, a ferramenta deverá apresentar condições para que o respondente possa relacionar certa estrutura de significados (como percebe o impacto - x) com certas inovações (como vislumbra, ou não, a adoção de tecnologias mitigadoras - α). As escalas oferecidas devem apresentar valores para x e α e aplicá-los à estrutura de impactos através de um modelo matemático. Medir x e α e sua respectiva introdução no modelo não é uma escolha independente: modos de mensuração diferentes são possíveis e levam a diferentes conclusões sobre efeitos e juízos relacionados para a composição final de uma medida de impacto.

Dependendo da natureza referente à estrutura de impactos definida, as escalas que relacionam x e α podem ser mensuradas por escalas quantitativas do tipo: *a*) Ordinal, com medidas categóricas (ex: escalas de Likert), justificável quando existe a impossibilidade de medidas instrumentais ou quando seu custo é exacerbado e *b*) Quantitativa de medidas contínuas, discretas ou intervalares, coletadas através de instrumentos, contadas ou calculadas através de uma unidade numérica adequada; deve ser definida por um painel de especialistas A diferença entre esses métodos está na medição conjunta ou disjunta dos efeitos e juízos dos impactos. Enquanto no primeiro método utilizamos do juízo para mensurar conjuntamente a variação de x e a participação de α no processo avaliado, no segundo modo, primeiro x é quantificada e em seguida é relacionada à um referencial (α) dado externamente por especialistas ou por uma gama mais ampla de atores.

Em termos da *orientação dos impactos*, aponta-se que este não é um caso de *State Choice*, ou seja, não há prós e contras a serem avaliados, como no caso da adoção – ou não – de plantio de culturas transgênicas, mas uma gama de situações - adotar certa tecnologia que potencialmente altera as formas de produção ou seus resultados econômicos - a serem observadas pelo respondente para que avalie a possibilidade de adotar certa tecnologia mitigadora de impactos.

1.3 Desenvolvimento futuro da ferramenta de avaliação

Para a construção de uma metodologia de avaliação prospectiva de impactos é necessário fixar as referências que definem o contexto de avaliação e reunir informações gerais para a caracterização mais detalhada possível desse contexto.

A criação desta estrutura hierárquica servirá como um instrumento fixado na idéia de que a oferta de novas tecnologias pode ser um veículo capaz de perceber quais serão as vulnerabilidades dos sistemas, a fim de agirmos no gargalo certo em consequência disso. De forma alguma se descartam as dimensões de mercado e de políticas públicas da análise, porém a dimensão de tecnologia nos servirá para localizar as áreas mais vulneráveis a sofrerem alterações com as possíveis mudanças e em seguida nos guiará através de tecnologias mitigadoras que serão utilizadas como estratégias para entrarmos no contexto da avaliação. Por exemplo: a utilização de técnicas de plantio de café que envolvem o cultivo de árvores de grande porte e vasta folhagem dentro da plantação de café, visando diminuir a temperatura através da sombra das árvores.

Como referência de tais tecnologias tem-se:

- a) Agricultura de Baixo Carbono³, ou ABC (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) e busca estimular técnicas que aliam a produção de alimentos e bioenergia com redução dos gases que causam efeito estufa. Um dos grandes problemas é que muitos agricultores, técnicos e até mesmo instituições públicas não tem conhecimento da existência deste programa ou não estão informados de como é seu funcionamento.
- b) No total do Plano Agrícola e Pecuário deste ano foram disponibilizados R\$ 18 bilhões para crédito rural, e dentro desta quantia R\$ 2 bilhões foram liberados em setembro de 2010 para serem investidos em técnicas que garantam a redução da emissão de dióxido de carbono.

As seguintes definições representam as demandas para a elaboração e validação da ferramenta de caráter prospectivo e que resulte em aprendizagem dos atores envolvidos, de forma a que se possa não somente diagnosticar os impactos (uma vez que os resultados da aplicação dos questionários de avaliação representam coleta de informações), mas também de *endereçar o tratamento do problema* - por meio da indução da adoção de tecnologias mitigadoras:

- *Os lugares e os respectivos atores sobre os quais os impactos se manifestam.* Esse recorte é feito a partir da análise da(s) cadeia(s) produtiva(s) e das redes de atores do setor agrícola. Os cenários agrícolas adotados serão os colocados por Pinto & Assad, 2005. A amostra intencional (BOLFARINE & BUSSAB, 2000) escolhida deve representar o melhor possível a variação dos atores quanto a situações particulares que possam influenciar na intensidade em que se manifeste o impacto. Os atores podem ser subagrupados ainda em diferentes categorias⁴.
- Os impactos não necessariamente se manifestam homogeneamente nem com a mesma nitidez em diferentes pontos das cadeias produtivas e para diferentes atores. A definição desse universo é fundamental para o desenho amostral e das subseqüentes estratégias de obtenção de medidas de impacto e de adoção tecnológica.
- Será necessário contemplar questões como as regiões nas quais certas culturas podem – ou não – ser produzidas: há uma variabilidade de condições de plantio, que podem representar, para a construção do método de avaliação, problemas metodológicos?
- A realização da ferramenta se dará por meio da elaboração de “estruturas de impactos”, a seguir apontadas, compostas por níveis hierarquizados de tecnologias agrícolas potencialmente mitigadoras. Os componentes da estrutura de impactos são as *tecnologias e seus indicadores*.
- A estrutura de avaliação de impactos (ver simulação no Esquema 1), a ser validada por meio dos painéis de atores, é apresentada a seguir, apenas como esqueleto lógico que apresenta as áreas tecnológicas que envolvem, cada uma delas, inúmeras tecnologias

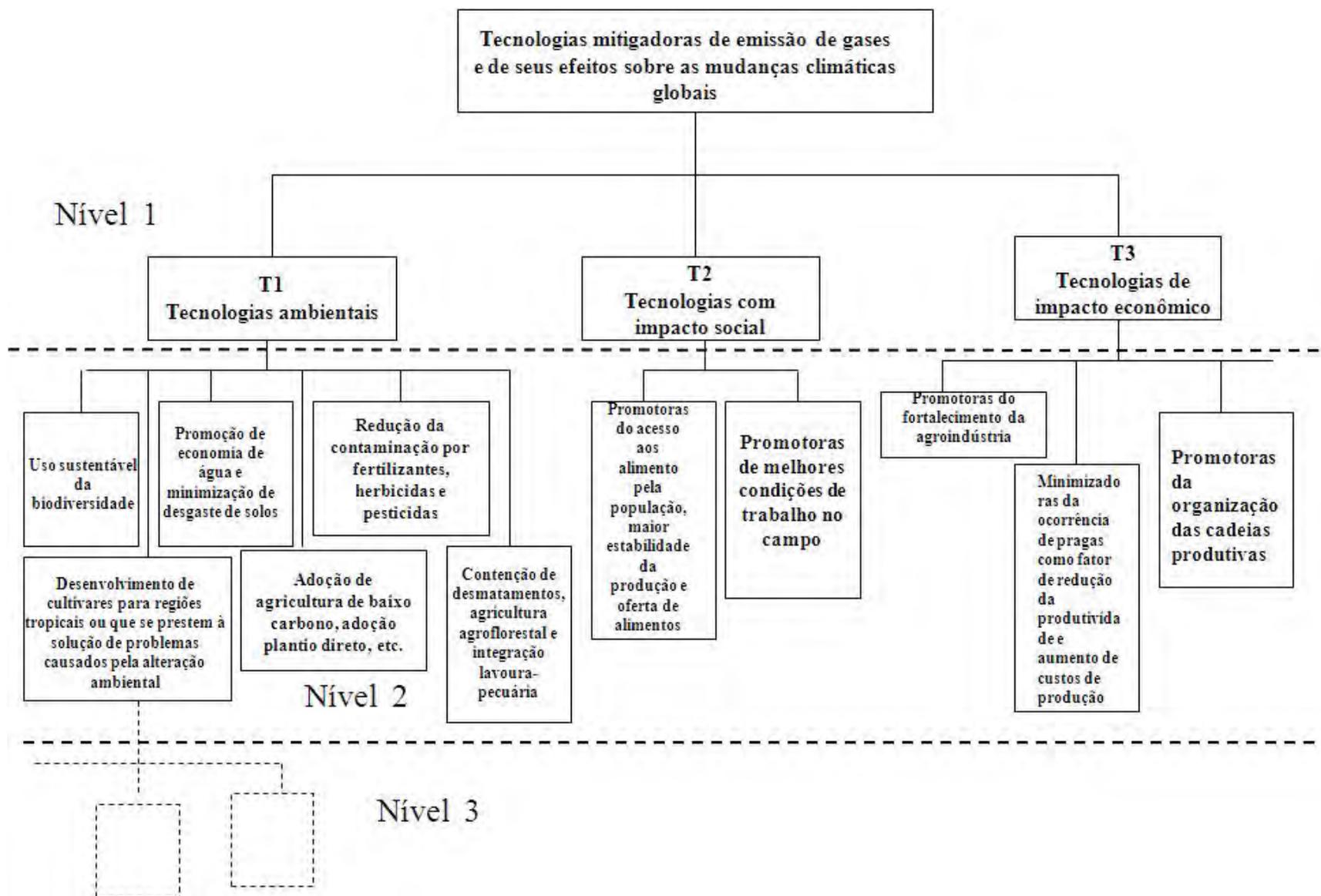
³ O ABC basicamente oferece recursos aos agricultores para quem em 10 anos deixem de emitir 165 milhões de toneladas de dióxido de carbono. Estes recursos devem ser empregados em cinco práticas sustentáveis produção: Plantio Direto, Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Plantio de Florestas, Recuperação de áreas degradadas ou Fixação de Nitrogênio.

mais ou menos pertinentes para cada tipo de cultura. Assim, a estrutura a seguir é uma oferta inicial de fatores tecnológicos que poderão ser contemplados pelos potenciais adotantes (atores do setor agrícola), como ponto de partida para a construção da ferramenta final.

Esta estrutura de análise de impactos será, posteriormente, re-definida através de painéis, com a participação de atores do sistema agrícola. A definição final dependerá do tipo de cultura em questão, O esforço metodológico final consistirá na elaboração de uma estrutura de avaliação capaz de contemplar diferentes culturas, sendo, então aplicável a todas as áreas definidas neste artigo.

Para cada tecnologia de impacto, alguns indicadores serão então desenvolvidos, levando em conta que as escolhas e assunções preliminares são as bases necessárias para criar um indicador e poder analisar sua qualidade. Inicialmente o grupo de pessoas que calcula o indicador e o grupo de pessoas que utiliza esse indicador deve ser diferenciado, em geral um dado indicador será adaptado para um grupo de stakeholders segundo a variabilidade dos requerimentos dos usuários. Há também a necessidade de adequar os indicadores a escalas temporais e espaciais que se adéquem às necessidades de seus usuários finais.

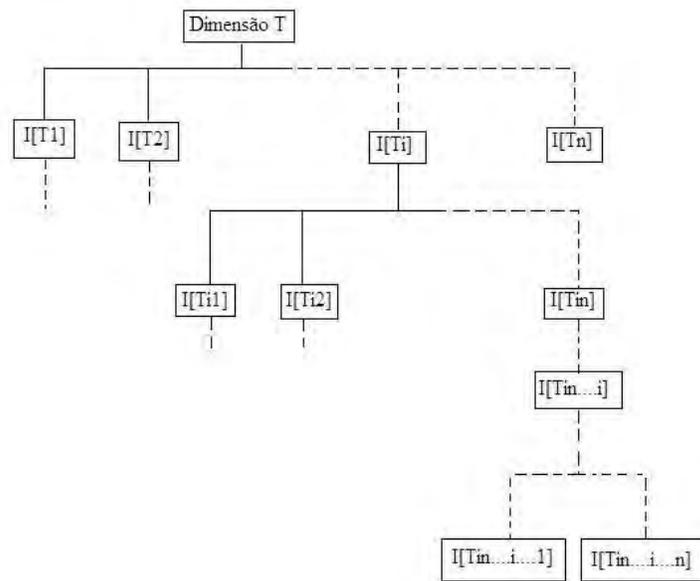
O Esquema 2, logo a seguir, apresenta hipoteticamente a relação entre as tecnologias a serem avaliadas e os indicadores que serão desenvolvidos.



Esquema 1: Árvore de avaliação de tecnologias

Os resultados dos indicadores podem significar uma mensuração, cálculos da combinação de dados ou resultados de uma simulação derivada de complexos modelos. Esses dados podem ser transformados em *scores* que traduzam melhor as informações relevantes, utilizando escalas para os níveis de impacto – autores citam escalas como de 0 (baixo) até 1 (alto), de 0 a 10, assim como escalas entre números negativos e positivos como de -3 a +3. Podem ser adotados também valores de referência para melhor interpretação dos indicadores, mas a subjetividade intrínseca na escolha deste valor divide os principais autores. Também podemos adotar, quando necessário, indicadores com caráter qualitativo, substituindo indicadores quantitativos.

Esquema 2: Notação genérica da árvore de impactos das tecnologias agrícolas mitigadoras de gases de efeito estufa



Legenda I_{TD} : impacto do programa de pesquisa ou tecnologia t sob o ponto de vista da dimensão D (nível 1);

T_{TDi} : componente do impacto I_{TD} (nível 2);

T_{TDii} : componente do impacto I_{TDi} (nível 3);

...

$T_{TDi...i}$: impacto a ser medido (último nível da hierarquia).

Outra opção para a criação de indicadores são aqueles baseados em modelos, esta opção pode ser muito atrativa devido ao potencial que pode ser alcançado pelos modelos, mas em termos práticos pode se tornar problemática devido à complexidade dos modelos envolvidos. Uma solução possível é a criação de uma matriz através do modelo e a partir de tal matriz se desenvolver os indicadores. Outra opção é a derivação de um metamodelo, o qual pode ser utilizado para calcular um indicador. E uma terceira solução é a criação de um modelo simplificado, utilizando um número limitado dos *inputs* mais acessíveis.

Em contrapartida, um indicador pode ser definido como observações relativas ao seu valor de referência. Este dado valor de referencia, que ajuda o usuário a interpretar da melhor forma possível os dados, não é estudado pelos cientistas, mas sim definido pelos *stakeholders*. Tal

valor de referencia deve ser capaz de fazer usuário concluir que “ o indicador mostra que A é melhor que B” o que não significa necessariamente que A é bom ou B é ruim.

O último passo na avaliação de um indicador é sua relação com o usuário final, como o indicador é utilizado, que deve ser feito através da coleta de feedbacks por parte do avaliador dos usuários finais do indicador.

2. Considerações sobre o futuro da pesquisa

Este estudo apresenta a estrutura teórico-conceitual e metodológica que possibilitará a construção de uma ferramenta prospectiva e a avaliação ex-ante do problema referente às mudanças climáticas e seus impactos na agricultura. Este é o procedimento preliminar para que as ações de mitigação do aquecimento global possam ser apoiadas. A ferramenta aqui desenvolvida se mostra um meio poderoso que pode ser usado como meio de transformação de todo paradigma dos stakeholders. A partir desta ferramenta é possível desenvolver um software que auxilie em grande escala para o desenvolvimento de políticas públicas ou mesmo avaliações prospectivas da iniciativa privada, visando atingir a sustentabilidade ambiental aliada ao desenvolvimento. Desse modo, impactando sobre todo o contexto de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas globais dentro do contexto da agricultura brasileira.

Referências Bibliográficas

- BOLFARINE, H., BUSSAB, W. O. *Elementos de Amostragem*. IME/USP, 2000.
- BOCKSTALLER, C; GUICHARD, L; MAKOWSKI, D; AVELINE, A; GIRARDIN, P; PLANTUREUX, S. (2008). *Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems. A review*. *Agronomy for Sustainable Development*, 28 p. (139-149).
Disponível em: <<http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20340.pdf>. Acessado em 23/05/2011, às 12h e 19min.
- Disponível em <http://viveiroagroflor.blogspot.com/2011/04/programa-agricultura-de-baixo-carbono.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+blogspot%2Fsvjz+%28.%29>. Acessado em 09/06/2011.
- Disponível em <[Http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/AltClimaticas/TxtSintese/Antecedentes/Pages/default.aspx](http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/AltClimaticas/TxtSintese/Antecedentes/Pages/default.aspx)>. Acessado em 23/05/2011, às 13h e 24min.
- DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; RUIZ, R. *Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na região Nordeste*. Belo Horizonte: Cedeplar-UFMG, 2008. (Texto para Discussão, n. 340).
- GINTIS, H., BOWLES, S., BOYD, R., and FEHR, E.: **Moral Sentiments and Material Interests - The Foundations of Cooperation in Economic Life.** The MIT Press, 2005.
- GINTIS, H., BOWLES, S., BOYD, R., AND FEHR, E.. *Moral Sentiments and Material Interests: Origins, Evidence, and Consequences*. Gintis, H., Bowles, S., Boyd, R., and Fehr, E.: **Moral Sentiments and Material Interests – The Foundations of Cooperation in Economic Life.** The MIT Press, 2005.

GOULDER, L.H. and K. MATHAI (2000), "Optimal CO2 Abatement in the Presence of Induced Technological Change", *Journal of Environmental Economics and Management* 39:1-38.

HIGACHI, H. ; CANUTO, O. e PORCILE, G. *Modelos Evolucionistas de Crescimento Endógeno*. Revista de Economia Política, vol. 19. n. 4 (76),1999.

JAFFE, A. B., NEWELL, R. G. and STAVINS, R. N., 2003, 'Technological Change and the Environment', NBER Working Paper 7970, capítulo de Martin, Karl-Göran and Vincent, Jeffrey (eds.), *Handbook of Environmental Economics Vol. 1*, pp. 461–516 (Elsevier Science, Amsterdam).

LINO, 2010 – Alguns fatos básicos sobre o aquecimento global. *revistaioikos.org OIKOS | Rio de Janeiro | Volume 9, n. 1 • 2010*

Loewenstein, G., Weber, E., Hsee, C., and Welch, E.: 2001, 'Risk as feelings', *Psychol. Bull.* 127, 267-286.

KUHN, T.S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo, Perspectiva, 1978.

MARTÍNEZ, E., ESCUDEY, M. (org.) *Evaluación y Decisión Multicriterio: Reflexiones y Experiencias*. Editorial Universidad de Santiago/UNESCO. Santiago, 1998.

MUELLER, D. C. *Public Choice III* (2003). Cambridge University Press, 763pp. .

NIDUMOLU, R., PRAHALAD, C. K., & RANGASWAMI, M. R. (2009). *Why sustainability is now the key driver of innovation*. *Harvard Business Review*, 87(9), 56–64.

OSTROM, E. *Doing institutional analysis: digging deeper than markets and hierarchies*.

ROE, M. *The institutions of corporate governance*. In Menard, C. & Shirley, M. M. *Handbook of Institutional Economics*. Springer, 2005.

OSTROM, E. *Policies That Crowd out Reciprocity and Collective Action*.

PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. *Mudanças Climáticas Globais e a agricultura no Brasil*. *Revista Multiciência*, n.8, p.139-162, maio, 2007.

PINTO, H. S. ; ASSAD, E. D. ; ZULLO, JR. J. ; EVANGELISTA, S. R. M. ; OTAVIAN, A. F. ; ÁVILA, A. M. H. de ; EVANGELISTA, B. A. ; MARIN, F. R. ; MACEDO, JR. C. ; PELLEGRINO, G. Q. ; COLTRI, P. P. ; CORAL, G. *Aquecimento Global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil*. 2 ed. Campinas, SP: Embrapa, 2008, v. 1, p. 1-82.

RAUPACH MR, MARLAND G, CIAIS P, Le Qué´re´ C, Canadell JG, Klepper G, Field CB, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (2007) 104:10288–10293.

ROE, M. *The institutions of corporate governance*. In Menard, C. & Shirley, M. M. *Handbook of Institutional Economics*. Springer, 2005.

SAATY T. L., 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, NY, McGraw Hill.

SURI, Tavneet. *Selection and comparative advantage in technology adoption*. New Haven: Yale University, 2006. 33p. (Texto para Discussão, 944).

SZKLO, A. ; BARBIERI, A. LUCENA, A. ; STRASSBURG, B. ; NOBRE, C. ; ASSAD, E. D. ; HADDAD, E. ; ROVERE, E. La. ; SALATI, E. ; PINTO, H. S.; FERES, J. ; MARENGO, J. A. ; ROSMAN, P. C. C. ; MOUTINHO, P. ; SCHAEFFER, R. ; CONFALONIERI, U. E. C. *Economia e Mudança do Clima no Brasil: Custos e Oportunidades*. São Paulo: IBEP, 2010, v.1, p. 01-81.

TOL, R. S. J. *The Economic Effects of Climate Change*. *Journal of Economic Perspectives*, Volume 23, n.2, 2009, p.(29-51).

WEBER, E. (2006). *Experience-based and description-based perceptions of long-term risk: why global warming does not scare us (yet)*. *Climatic Change*, 77, 103e120.

ZACKIEWICZ, M. *Trajetórias e Desafios da Avaliação em Ciência, Tecnologia e Inovação*. 2005. 231 f. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

ZULLO JR, J. ; PINTO, H. S. ; ASSAD, E. D. . *O Aquecimento Global e a Agricultura Brasileira*. Saneas SP., São Paulo, SP, v. 18, p. 34 - 37, 01 ago. 2004.

ZACKIEWICZ, M. Nota técnica - Multicritério. In: *Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura do Estado de São Paulo: métodos para avaliação de impactos da pesquisa*. Campinas. p. 01-19