

# MS778 - Projeto Supervisionado 2

## Apoio à geração de cenários de impactos de mudanças climáticas

### Relatório de Atividades

Ana Flavia Lima

RA: 093370

10 de Julho de 2012

#### Resumo

Nesse trabalho, é relatado o início do projeto de iniciação científica da aluna. O objetivo aqui é ilustrar parte da base teórica utilizada para desenvolver o projeto, o qual estuda impactos das mudanças climáticas no setor sucroalcooleiro nacional, visando aplicações em políticas públicas governamentais.

Assim, é feita uma revisão de literatura, seguida do relato de uma parte muito importante para o projeto (a simulação de cenários para o plantio da cana) e um esboço da metodologia e dos modelos que espera-se adotar na parte final do trabalho.

## 1 Introdução

O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil é tradicional desde a época do período colonial. Nas últimas décadas, tornou-se ainda mais importante devido a metas governamentais que incentivam a produção de etanol derivado da cana. Logo após a crise do petróleo, ficou ainda mais evidente a necessidade de investimentos a favor da diversificação da matriz energética do país.

Além das vantagens estratégicas como fonte de energia, o etanol apresenta também benefícios ambientais, pois reduz a emissão de  $CO_2$ . Assuntos referentes à produção de etanol ganharam mais importância após a ECO 92, conferência na qual foram discutidos assuntos relativos à conciliação do desenvolvimento econômico com a preservação ambiental.

Contudo, a expansão da área plantada de cana pode implicar em situações como a redução da área plantada com culturas alimentares, impactos na migração, no emprego e na saúde da população, sendo essas algumas das possíveis restrições ao aumento da produção de etanol.

Percebe-se, então, que pesquisas referentes a esse assunto são estrategicamente importantes para o Brasil. Com esse intuito, está sendo desenvolvido o projeto AlcScens (projeto financiado pela FAPESP, N.08/58160-5), cujo objetivo é “contribuir para a definição de políticas públicas que podem promover a adaptação dos setores açucareiros e alcooleiro às mudanças climáticas, considerando sua importância para o país ” (<http://www.cpa.unicamp.br/alcscens>), baseado em fatores como a experiência já existente no país, principalmente em São Paulo, e disponibilidade de recursos naturais.

Nesse projeto existem vários grupos que analisam esse assunto das mais variadas formas, sendo o assunto desse relatório uma descrição do que foi feito até agora na iniciação científica vinculada a um desses subprojetos, também financiada pela FAPESP (processo número 2012/02224-0).

## 2 O Projeto AlcScens

O agronegócio sempre foi um setor produtivo muito importante na economia brasileira. Dentre as culturas cultivadas no agronegócio, a cana-de-açúcar desempenha um papel importante, pois é matéria-prima de dois produtos muito comercializados na economia brasileira: o etanol e o açúcar. Assim, possíveis fatores que afetem o agronegócio e, mais especificamente, o cultivo da cana devem ser muito bem estudados.

Pesquisas apontam (IPCC, 2007) cada vez mais o impacto de mudanças climáticas nesse setor produtivo. Levando em conta as ligações dessa atividade com outros ramos da economia (como o energético, com a produção de etanol) e com fatores sociais, tem-se que o mais recomendado no momento é analisar possíveis mudanças no meio ambiente, na economia e na sociedade de forma detalhada.

Assim, quando esse problema é tratado sob o foco de aplicações em políticas públicas (que é o intuito do projeto), é necessário analisar outros fatores: por exemplo, se a área plantada de cana expandir-se muito, não haverá espaço suficiente para que outras culturas sejam cultivadas, aumentando o preço dos alimentos e interferindo na segurança alimentar.

Por outro lado, caso a instalação de indústrias produtoras de etanol e de canaviais melhore a distribuição de renda e aumente a renda per capita, de forma que o poder aquisitivo da população tenha um aumento maior do que o preço dos alimentos, então pode ser vantajoso, em termos econômicos e sociais (além das óbvias vantagens ambientais em utilizar-se biocombustíveis), que haja essa expansão da cana. Essa breve análise já dá uma noção das complexas relações entre os fatores analisados no projeto.

Dessa forma, cruzando vários tipos de dados diferentes e utilizando-os como base de um modelo matemático, o intuito desse estudo é analisar as complexas relações entre fatores como clima, energia, distribuição de renda e segurança alimentar, com um enfoque para possíveis aplicações em políticas públicas.

### 2.1 Grupos do Projeto

Por ser um projeto de grande porte, essa pesquisa é dividida em 10 grupos. As atividades da aluna, que está atuando no sétimo grupo, serão relatadas mais adiante.

#### 2.1.1 Aprofundar os estudos de impactos das mudanças climáticas da agricultura

Esse grupo, coordenado pela pesquisadora Ana Maria Heuminski de Ávila (CEPA-GRI/UNICAMP), procura analisar as mudanças climáticas no país, com o objetivo de identificar vulnerabilidades das culturas agrícolas e estabelecer políticas públicas para que haja a adaptação do agronegócio às mudanças que poderão ocorrer ao longo do tempo.

### **2.1.2 Avaliar o nível de Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) associado à expansão da cultura da cana-de-açúcar**

Sob a coordenação de Walter Belik (Nepa/UNICAMP), esse grupo busca entender os impactos que a expansão da cana pode causar na oferta e demanda de alimentos, sendo essa uma questão de equilíbrio econômico, visto que o aumento dos preços dos alimentos devido à sua falta pode torná-los novamente uma atividade econômica favorável. Os fatores principais para esse estudo são demográficos, nutricionais, e econômicos.

### **2.1.3 Avaliar o impacto de políticas de inovação para o atendimento das demandas futuras do etanol e na adaptação da agricultura brasileira às mudanças climáticas**

Esse grupo, coordenado pelo Prof. André Furtado (IG/UNICAMP), tem por objetivo analisar políticas públicas para que hajam resultados favoráveis em relação à produtividade no cultivo da cana-de-açúcar.

### **2.1.4 Aperfeiçoar os sistemas de previsão de safras da cultura da cana-de-açúcar, tornando-os mais objetivos e precisos**

Coordenado por Jurandir Zullo Junior (CEPAGRI/UNICAMP), esse grupo procura conhecer melhor a relação entre o clima e a produtividade da cana, algo estratégico para o futuro do país.

### **2.1.5 Estimar a evolução da engenharia genética aplicada, principalmente, à cultura da cana-de-açúcar e o potencial de produção industrial de etanol celulósico**

Com a expansão da cultura da cana para outras regiões, é necessário desenvolver variedades de cana que se adaptem a diferentes condições, sendo esse o objeto de estudo desse grupo. Além disso, o potencial de geração de etanol celulósico também será avaliado. Esse grupo está sob a coordenação das Profas. Tirza Aidar e Rosana Baeninger (Nepo/UNICAMP).

### **2.1.6 Desenvolver metodologia para a geração de cenários de impactos de mudanças climáticas a partir da combinação de dados e informações de fontes e características distintas**

Esse grupo, o qual a autora deste relatório faz parte, tem como base o cruzamento de vários tipos de dados (de diversos tipos e fontes) para a formulação de cenários climáticos, econômicos e sociais. Esses cenários serão utilizados para a formulação de políticas públicas visando auxiliar a adaptação do país às mudanças climáticas, de forma que a metodologia integrará várias áreas do conhecimento, com a orientação do pesquisador Jurandir Zullo Junior (CEPAGRI/UNICAMP).

### **2.1.7 Melhorar e aprofundar a divulgação científica na área de mudanças climáticas**

Esse grupo, coordenado por Vera Camargo (Labjor/Nudecri/UNICAMP), tem por objetivo estudar formas de divulgação do conhecimento científico sobre mudanças climáticas, melhoramento dos sistemas de informações meteorológicas e climáticas e a geração e utilização de dados dessa natureza.

### **2.1.8 Analisar o modo de circulação da divulgação científica por meio de políticas públicas vigentes**

Cordenado pela pesquisadora Claudia Pfeiffer (Labeurb/Nudecri/UNICAMP), esse grupo tem por objetivo estudar o que há sobre divulgação científica em relação a mudanças climáticas, buscando compreender a dificuldade da integração entre dois universos, o público acadêmico e o geral.

### **2.1.9 Definição de políticas públicas relacionadas à expansão de álcool combustível no Brasil, devido ao interesse de mitigação das emissões dos gases de efeito estufa (GEE), considerando a necessidade de adaptação da agricultura nacional às mudanças climáticas**

Esse grupo, coordenado por Peter Schulz (FCA/UNICAMP), busca detalhar o processo entre obter-se resultados e colocá-los em prática na forma de políticas públicas.

## **3 Plano de Atividades**

O projeto de iniciação da aluna submetido à FAPESP tem como objetivo apoiar a utilização de dados de diversas fontes e características (como demográficos, econômicos e climáticos), os quais serão utilizados em um modelo matemático que será utilizado para elaborar cenários de impacto para o setor sucroalcooleiro.

Assim, as principais atividades exercidas serão:

1. colaborar com a rede de informática desenvolvida para o intercâmbio de dados entre os integrantes do projeto;
2. realizar reuniões a fim de que haja avanços nas definições dos dados e modelos para o projeto;
3. apoiar a integração dos vários setores do projeto, como demografia , segurança alimentar, saúde pública, inovação tecnológica, divulgação científica;
4. colaborar na definição, teste e implementação do modelo utilizado no projeto; e
5. auxiliar na geração de cenários de impactos de mudanças climáticas.

## **4 Revisão Bibliográfica**

Essa foi a primeira parte desenvolvida pela aluna, visto que o levantamento de textos científicos que tenham relação ao assunto estudado é importante para formar referências para a pesquisa. Dessa forma, o foco foi dado a estudos sobre modelos de equilíbrios econômicos e simulação de cenários.

Várias referências foram lidas, as quais lidam com diferentes partes do problema, e de diferentes formas: abordagens econométricas, matrizes de insumo-produto, diferentes modelos de otimização, por exemplo. Dessas várias referências, foi extraído o que até momento considerou-se útil na pesquisa. Ressalta-se que a leitura de textos ocorrerá durante todo o período da bolsa.

### **4.1 Simulação de cenários**

Esse assunto é importante devido ao fato que a base do problema é analisar possíveis cenários climáticos futuros dos impactos da expansão da cana-de-açúcar. Como há

uma certa incerteza sobre o que irá acontecer, é necessário fazer simulações. O problema, aqui, é saber qual o modelo adequado para utilizar.

#### **4.1.1 (Scandiffio, 2005)**

Essa tese tem o objetivo de fazer uma análise prospectiva sobre o etanol no Brasil.

Segundo esse autor, análise prospectiva “por definição, indica questões concernentes ao futuro. ‘Que faz ver adiante, ou ao longe; visão prospectiva’ ”.

Apesar do fato que existem ferramentas que trazem uma predição razoável do futuro, a incerteza do que acontecerá é algo intrínseco a praticamente qualquer sistema, ainda mais quando se fala em clima, economia e reações humanas a políticas governamentais. Com isso em mente, tentou-se fazer uma análise

Embora tenha havido a tentativa de se fazer uma análise quantitativa, o modelo apresentado nesse artigo mostrou-se insuficiente para descrever a realidade, de modo que o autor percebeu que outras variáveis, muito difíceis de serem modeladas, seriam necessárias. Então, partiu-se para uma análise qualitativa, de forma que foram analisados cenários tendenciais e normativos.

#### **4.1.2 (O’Leary, 1999)**

Esse artigo aborda os modelos mais populares hoje em dia para a simulação de cenários para o cultivo da cana:

##### **APSIM -**

É um modelo genérico para a simulação de plantações de cana. Simula a fixação de carbono da atmosfera, dividindo a planta em partes componentes (tais como folhas, raízes, e colmo, por exemplo), medindo o crescimento diário. Foi testado em lugares como Austrália, África do Sul e EUA, obtendo sucesso considerável.

##### **Canegro -**

Criado no início dos anos 1970, trata equações para a fotossíntese e respiração da planta e balanço hídrico, entre outros fatores, porém sem considerar efeitos da temperatura na fotossíntese. Mostrou-se robusto ao ser aplicado a uma variedade sul-africana.

##### **QCANE -**

É um modelo australiano cujo principal objetivo é estudar a acumulação de açúcar e maneiras de maximizá-la, havendo uma ênfase em processos como fotossíntese e respiração. Em suas aplicações para simular a biomassa, demonstrou o menor erro.

## **4.2 Equilíbrio Econômico**

Esse assunto será abordado na hora de analisar as relações do clima com a economia (pois o clima afeta o cultivo da cana, que por sua vez afeta a produção de etanol, sendo essa uma questão econômica). Para analisar esse processo, será utilizado um modelo de equilíbrio econômico. Novamente, o desafio aqui é escolher um modelo adequado e útil para atender os objetivos do projeto.

### **4.2.1 (Zullo, 1990)**

Essa tese de mestrado fala sobre a implementação de modelos de equilíbrio econômico, utilizando abordagens como formulações de ponto fixo, complementariedade e comparando-as com a resolução por otimização, a qual obteve um bom desempenho nos exemplos tratados. Também cita a implementação do sistema OTIMIZA para cálculos de equilíbrio, comparando-o com o pacote PEGASUS (Bordoni, 1989). Nessa comparação, OTIMIZA mostrou-se mais eficiente em termos de tempo.

### **4.2.2 (Gurgel, Pereira, Teixeira, 2010)**

Nesse artigo, o objetivo é desenvolver um modelo de equilíbrio geral a fim de estudar a economia brasileira, dividindo o país em grandes regiões e considerado a ação de vários setores da economia e como eles se relacionam entre si. Como base, utilizou-se o modelo conhecido como GTAP (HERTEL, 1997; GTAP, 2001).

Sendo um modelo de equilíbrio econômico, ele se utiliza de uma matriz de insumo-produto para tratar o problema. As condições necessárias para a consistência dessa matriz de coeficientes do problema são: equilíbrio de mercado, balanço da renda e lucros operacionais líquidos dos setores. Aqui, cada bem demandado por uma região é um agregado de bens produzidos em outras regiões.

### **4.2.3 (Rathmann, Szklo, Schaeffer, 2010)**

Fala sobre a competição de terras da cana-de-açúcar com outras culturas. O autor cita a implantação de um sistema de certificados de qualidade e produção de cana, para que haja uma melhor administração do sistema produtor. Entretanto, devido às complexas relações que as variáveis do problema têm, ainda fica a pergunta: como produzir biocombustíveis sem afetar a produção de alimentos?

### **4.2.4 (Bordoni, 2001)**

Nessa tese de doutorado, são apresentados métodos quantitativos para a computação de modelos de equilíbrio econômico, de forma que a ferramenta desenvolvida tem o objetivo de ser facilmente utilizada, inclusive por quem não tem grandes conhecimentos computacionais. O pacote utilizado para tal feito é chamado PEGASUS, e é uma ferramenta para análises aplicadas de equilíbrio econômico introduzida em (Scaramucci, 1991) e (Bordoni, 1989).

Um dos feitos mais notáveis nesse trabalho é o desenvolvimento de um algoritmo robusto para resolver sistemas não-lineares, junto com a caracterização de meios para lidar com grandes bases de dados.

Os autores procuraram estudar, nesse artigo, o impacto econômico global da produção de biocombustíveis em fatores relacionados a alimentos, como preço e disponibilidade, visto que a base para a produção desses biocombustíveis são culturas como o milho e a cana-de-açúcar, e sua relação com outros setores produtivos da economia, como o energético.

Na metodologia do trabalho, são utilizados diferentes cenários, que vão ficando mais detalhados aos poucos: primeiro uma economia sem biocombustíveis, depois uma economia com biocombustíveis, mas na qual esses produtos não afetam os preços dos alimentos, e assim por diante. Aqui, a competição por terras da indústria bioenergética com a indústria agropecuária é o ponto-chave da análise, de forma que os cenários vão se enriquecendo para que esse processo possa ser analisado.

#### **4.2.5 (Koga-Vicente, Zullo Junior, 2012)**

Nesse projeto diferentes cenários foram gerados: primeiramente, levando em conta a área total do estado de São Paulo e excluindo-se lugares onde existem rios e áreas urbanas (pois foi assumido que não haveria mudança de terrenos urbanos para plantações). Dessa forma, foi atribuído o valor 1 para regiões onde o plantio da cana fosse favorável (com base nessas restrições e em análises climáticas), e 0 caso contrário.

Para o cenário 2, foi considerado também que terrenos com mais de 12 por cento de declividade não são adequados para o plantio da cana. Isso acontecerá no futuro devido a uma política governamental, a qual impõe que todas as lavouras devam ser mecanizadas (para evitar as queimadas ocorridas quando o plantio é manual, ou seja, por questões ambientais). Porém, as máquinas utilizadas não conseguem operar em terrenos com declividade maior do que aquela citada. Isso implica que futuramente haverá uma desaceleração no crescimento da cultura canavieira em locais cujo terreno seja inclinado (como é o que acontece na região de Piracicaba, onde o cultivo de cana é tradicional). Junto a isso, foram consideradas áreas de reservas naturais.

Para o cenário 3, foram considerados cenários climáticos futuros. Dessa forma, foi constatado que nesse caso os municípios com alto risco climático aumentariam, diminuindo a possível área de expansão da cana.

## **5 Atividades Gerais do Projeto**

### **5.1 Simulação de cenários**

A pós-doutoranda Andrea Koga-Vicente, com a orientação do pesquisador do CEPAGRI Jurandir Zullo Junior nesse projeto, fez estudos sobre a simulação de cenários para o plantio da cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Esse trabalho servirá como base para a análise econômica da trajetória do etanol.

Essa é uma importante parte do projeto, pois para analisar perspectivas futuras sobre o etanol (e conseqüentemente sobre o plantio da cana) é necessário ter uma noção de onde ela poderá ser plantada no futuro, para aplicações na política de zoneamento.

Esse tipo de estudo tem várias conseqüências, pois em lugares onde, por exemplo, será possível plantar-se cana no futuro, pode haver uma valorização significativa das terras. Caso a cana seja cultivada nesses lugares, ela atrairá indústrias de produção de açúcar e etanol (devido a motivos logísticos, como gastos no transporte da cana para as indústrias), o que pode afetar fatores sociais como a taxa de desemprego das regiões em questão, a distribuição de renda e a segurança alimentar.

A política de zoneamento foi adotada pelo governo brasileiro em 1996, em um projeto conjunto com a EMBRAPA que teve como objetivo diminuir as perdas na agricultura causadas por fatores climáticos, e serve de guia para o crédito financeiro dado a agricultores no país inteiro.

### **5.2 Atividades da Aluna**

Como parte do projeto de iniciação, foi feito um estudo sobre a literatura relacionada aos assuntos abordados, junto com o levantamento de alguns dados necessários para a implementação do modelo.

Ressalta-se que além da Dra. Andréa Koga Vicente e do Dr. Jurandir Zullo Junior, estas atividades estão sendo desenvolvidas também em conjunto com a aluna Daniela Lins, do doutorado em Ambiente e Sociedade (NEPAM e IFCH). Destaca-se, ainda, a interação com o Dr. Michael Friedel (USGS) ocorrida em março, durante sua visita à UNICAMP.

## 6 Próximas Atividades

Para dar continuidade ao trabalho, tem-se como objetivo aprimorar os modelos de simulação, levando em conta outros elementos restritivos e utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

Assim, o intuito é utilizar os dados vindos dessas atividades para integrá-los a um modelo de equilíbrio econômico, para que possam ser analisadas as interações entre o processo de expansão da cana regulado por fatores climáticos e restritivos (como corpos d'água e áreas urbanas) com fatores sociais (como a segurança alimentar) e econômicos (como distribuição de renda).

Pretende-se continuar com a revisão bibliográfica, procurando encontrar e comparar modelos de equilíbrio econômico que melhor se ajustem e adequem ao problema abordado. Para a aplicação desses modelos, será necessário o levantamento de mais dados, tais como demográficos, econômicos e agrícolas.

Para assegurar que os resultados obtidos nesse estudo (junto com os resultados de outros grupos) sejam integrados, também haverá apoio à implementação de uma rede de informática de troca de dados.