



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**Instituto de Economia**

**Adriano Augusto Bliska**

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA ADOÇÃO DO  
MILHO GM NA SAÚDE DO TRABALHADOR BRASILEIRO**

**Orientador: Alexandre Gori Maia**

**Co-orientador: José Maria F. J. da Silveira**

**Campinas  
2011**

**Adriano Augusto Bliska**

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA ADOÇÃO DO MILHO GM  
NA SAÚDE DO TRABALHADOR BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Graduação do Instituto de Economia da Universidade  
Estadual de Campinas para obtenção do título de  
Bacharel em Ciências Econômicas, sob orientação do(a)  
Prof.(a) Dr.(a) .....

Campinas  
2011

Campinas  
2011

BLISKA, Adriano Augusto. **AValiação de Impactos Socioeconômicos da Adoção do Milho GM na Dáude do Trabalhador Brasileiro**. 2011. 56 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto de Economia. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

### RESUMO

Atualmente a transgenia é um dos temas científicos que mais se destacam na mídia mundial, principalmente em função de suas múltiplas aplicações no setor agrícola. Nesse trabalho a questão central é verificar se é possível equilibrar os benefícios da utilização do Milho Bt – econômicos e à saúde humana – com os riscos potenciais de sua utilização, ao ambiente e à saúde dos agricultores e consumidores. A literatura consultada neste trabalho indica que os impactos do uso do Milho Bt na economia brasileira poderão ocorrer principalmente em função do aumento da renda dos produtores brasileiros, da possível redução no custo de produção, e da possibilidade de reduzir os gastos com saúde pública. Entretanto, poucos estudos quantificaram esses impactos ou sistematizaram os resultados já obtidos sobre o tema. Portanto, este trabalho tem por objetivo contribuir para o debate sobre os impactos da utilização do milho transgênico, especificamente, no caso da saúde humana.

Palavras-Chaves: Transgenia, Milho Bt, Impacto Ambiental, DALY

Campinas  
2011

BLISKA, Adriano Augusto. **EVALUATION OF SOCIOECONOMIC IMPACTS OF GM CORN ADOPTION IN BRAZILIAN HEALTH WORKER.** 2011. 56 pages. Work of Course Conclusion (Undergraduate) – Institute of Economics. State University of Campinas, Campinas, 2011.

### **ABSTRACT**

Currently genetic modification is one of the scientific themes that stand out in the media worldwide, mainly due to its multiple applications in the agricultural sector. In this work, the central question is whether we could balance the benefits of using Bt corn – economic and on the human health – with the potential risks of its use on the environment and health of farmers and consumers. The literature indicates that the impacts of using Bt maize in the Brazilian economy will occur mainly due to the increased income of Brazilian producers, the possible reduction in production costs, and the ability to reduce spending on public health. However, few studies have quantified these impacts and systematized the results obtained on the subject. Therefore, this paper aims to contribute to the debate about the impacts of the use of transgenic corn, specifically, in the case of human health.

Key Words: Transgenic, Bt corn, Environmental Impact, DALY.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Custo de produção e economicidade de milho verão com variedades MON89034, na safra 2007/08, em regiões selecionadas .....	29
<b>Figura 2</b> – Custo de produção e economicidade de milho verão com variedades MON89034 e 5% de acréscimo de produtividade, na safra 2007/08, em regiões selecionadas .....	29
<b>Figura 3</b> – Custo de produção e economicidade de milho verão com variedades MON89034 e 10% de acréscimo de produtividade, na safra 2007/08, em regiões selecionadas .....	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	–	Apreciação da incapacidade dos indivíduos: grau, peso, condição – índice .....	17
<b>Tabela 2</b>	–	Evolução das intoxicações por agrotóxicos (SINITOX).....	40
<b>Tabela 3</b>	–	Esperanças de vida com e sem taxa de desconto, por sexo, utilizadas no estudo da carga de doença.....	42
<b>Tabela 4</b>		YLL – Anos de Vida perdidos por morte prematura (SINITOX) .....	43
<b>Tabela 5</b>	–	YDL – Anos vividos com incapacidade - Sem Sequela (SINITOX) .....	44
<b>Tabela 6</b>	–	Anos vividos com incapacidade – Com Sequela (SINITOX) .....	45
<b>Tabela 7</b>	–	DALY - Disability-Adjusted Life Years (SINITOX) .....	45
<b>Tabela 8</b>	–	Anos de Vida perdidos por morte prematura (SINAN) .....	46
<b>Tabela 9</b>	–	YLD – Anos vividos com incapacidade .....	47
<b>Tabela 10</b>	–	Anos vividos com incapacidade – Com Sequela (SINAN) .....	47
<b>Tabela 11</b>	–	DALY - Disability-Adjusted Life Years (SINAN) .....	48
<b>Tabela 12</b>	–	Disability-Adjusted Life Years para a produção de milho no Brasil .....	49

## SUMÁRIO

<b>Capítulo</b>	<b>pág</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE NOVAS TECNOLOGIAS .....</b>	<b>6</b>
1.1 Evolução dos métodos de avaliação de inovações tecnológicas .....	7
1.2 Ambitec-Agro .....	9
1.3 ESAC .....	12
<b>2. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE NOVAS TECNOLOGIAS NA SAÚDE HUMANA .....</b>	<b>15</b>
2.1 Evolução do DALY .....	15
2.2 Metodologia de Cálculo .....	17
2.2.1 Cálculo .....	17
2.2.2 Estimação do Componente da Mortalidade – YLL .....	21
2.2.3 Estimação do Componente da Morbidade – YLD .....	22
2.3 Carga de Doença no Brasil .....	23
<b>3. IMPACTOS DA ADOÇÃO DO MILHO TRANSGÊNICO Bt .....</b>	<b>25</b>
3.1 Impactos socioeconômicos do milho Bt .....	26
3.2 Impactos da adoção do Milho Bt na saúde do trabalhador .....	31
3.2.1 Impactos da utilização de agroquímicos sobre a saúde humana .....	31
3.2.2. Custos privados e sociais do uso de agroquímicos .....	32
3.2.3. Políticas de controle do uso de agroquímicos .....	36
3.2.4 Discussão adicional sobre os impactos dos agroquímicos .....	37
3.2.5 Impactos dos agroquímicos na saúde do agricultor brasileiro: DALY ..	39
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>56</b>

## INTRODUÇÃO

Atualmente a transgenia é um dos temas que mais se destacam na mídia mundial, principalmente em função de suas múltiplas aplicações no setor agrícola. A transgenia tem se desenvolvido continuamente ao longo das últimas três décadas e, sinteticamente, consiste no desenvolvimento de organismos que carregam em sua carga genética genes modificados ou oriundos de organismos de outras espécies, por meio de técnicas que permitem a inserção de genes de espécies diferentes em indivíduos nos quais se deseja alterar determinadas características (Rosseto, 2010). Após este processo, o organismo passa a ser denominado transgênico. Na agricultura, esta técnica tem sido utilizada especialmente no desenvolvimento de cultivares de espécies economicamente importantes, tais como canola, algodão milho e soja, com desenvolvimentos até em cultivos tropicais, como a cana-de-açúcar, com o objetivo de obter, por exemplo, plantas resistentes a pragas específicas e à seca, adaptadas ao cultivo em zonas climáticas consideradas limítrofes ou impróprias ao cultivo das variedades convencionais.

De acordo com o relatório “A Situação Global das Lavouras Transgênicas” (ISAAA, 2009), a aplicação dos transgênicos se expande ao redor do mundo, ano após ano, tendo a área global de plantações geneticamente modificadas crescido cerca de 10,7 milhões de hectares, ou 9,4%, no período 2007-2008. No final do ano de 2007, 25 países já utilizavam biotecnologia em suas lavouras e a área ocupada pelo cultivo transgênico foi estimada em 125 milhões de hectares, dos quais 70,5 milhões localizados em países industrializados e 54,5 milhões em nações em desenvolvimento. O processo de difusão continua ocorrendo, com a projeção para 2025 de 40 países produtores e de 150 milhões de hectares cultivados. Somente em alguns países da União Européia este crescimento não vem ocorrendo de forma persistente.

Em diversos países, o avanço no desenvolvimento dos organismos transgênicos é cerceado por legislações restritivas. Ademais, a insegurança de parte da população quanto aos impactos da utilização dos transgênicos no meio ambiente e, sobretudo, na saúde humana, tem se manifestado frequentemente sob a forma de protestos veementes de organizações não



governamentais, tais como o *Oxford Committee for Famine Relief* (Oxfam) e entidades de defesa do consumidor.

O Brasil é um dos países onde o avanço dos transgênicos esbarra na legislação. Nos últimos anos observa-se no país uma disputa entre empresas multinacionais, produtores e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). A Embrapa tem investido em pesquisas sobre alimentos geneticamente modificados e defende a utilização dos organismos geneticamente modificados (OGMs), os quais podem favorecer a produção agrícola e trazer ganhos ambientais e econômicos em função da redução no volume total de herbicidas utilizados e, conseqüentemente, da menor exposição dos agricultores e dos consumidores aos mesmos, além reduzir os riscos de perda na safra. Recentemente, foi aprovada no País uma variedade tolerante ao herbicida glufosinato em uma parceria com a Basf, um fato de destaque por contrariar a idéia de que países em desenvolvimento não conseguiriam trabalhar com novos conceitos em melhoramento genético (Traxler, 2000).

Por outro lado, o Instituto de Defesa do Consumidor (IDEC), a ONG Greenpeace e a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), estão entre as principais entidades contrárias a legalização e utilização dos OGMs e se apóiam no argumento que não existem estudos adequados sobre os possíveis impactos ambientais ou sobre a saúde humana do uso de sementes transgênicas na agricultura mundial. Esse debate tem ocorrido em quase todos os países desenvolvidos ou em desenvolvimento (ver Silveira, 2009).

O argumento das empresas produtoras de sementes geneticamente modificadas, de que seus produtos têm uma maior resistência a pragas e doenças, sendo necessária uma menor aplicação de agrotóxicos durante a produção agrícola, é sustentado por estudos como o realizado por Qaim e Zilberman (2003). Segundo esse estudo, dentre os sete países onde foi analisada a relação entre a utilização de sementes geneticamente modificadas e o consumo de inseticidas na produção do algodão, todos tiveram reduções em mais de 30% no uso do inseticida, chegando a 77% no México, com aumento de rendimento efetivo médio de 19,28%. Já no estudo realizado com cinco países produtores de milho OGMs, apenas a Espanha teve uma redução significativa, cerca de 63%. Apesar dos outros países não terem reduzido

expressivamente o uso de agrotóxicos, eles obtiveram um aumento de rendimento efetivo entre 5% e 34%. Segundo os pesquisadores, esse resultado é explicado pela maior pressão das pragas nesses climas do que em climas temperados.

Um fato de grande importância para essa área foi a promulgação da Lei de Biossegurança (Lei 11.105/2005 de 24/03/2005) – que reafirmou a competência da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). A entidade é responsável pela análise dos projetos que envolvam a pesquisa para identificação de eventos transgênicos no Brasil e tem como principal função a liberação comercial ou não de cada tipo de organismo geneticamente modificado. Essa Comissão é constituída por representantes de instituições de pesquisa, de entidades de defesa do consumidor e órgãos governamentais, dentre outros.

Em maio de 2007, a Comissão liberou pela primeira vez um OGM para uso comercial no Brasil, o cultivo do milho Liberty Link, produzido pela empresa Bayer, cuja principal característica é a resistência ao herbicida glufosinato de amônio. Atualmente, também se destacam no Brasil as produções dos seguintes OGMs: soja, algodão e milho, com variedades para plantio. Além das pesquisas com essas culturas, há pesquisas com cana-de-açúcar, feijão e mamão em andamento.

Dentre os OGMs produzidos no Brasil, alguns se encontram entre os 10 principais produtos agrícolas do país, com projeção para novos lançamentos, em novos cultivos. Destaca-se o milho, cuja produção na safra 2010/2011 é estimada em 57,5 milhões de toneladas, o que equivale a 35,3% da produção brasileira de grãos, cujo total na mesma safra é estimado em 162,9 milhões (Céleres, 2011; CONAB 2011). Embora a produção de milho esteja dispersa por quase todos os estados brasileiros, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011) sua concentração ocorre em nos seguintes estados: Mato grosso, Goiás, Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e Bahia.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) e da CONAB (2011) indicam que nos últimos 20 anos a produção nacional de milho apresentou

tendência crescente, tendo passado de 21,3 milhões de toneladas no início da década de 90, para 57,5 milhões em 2011, com o ápice de 59 milhões de toneladas em 2008.

Quanto ao milho transgênico, segundo ISAAA (2009), em 2009/2010 houve um aumento da área cultivada de cultivares do milho Bt (resistente a insetos) de aproximadamente 3.7 milhões de hectares em relação à safra 2008/2009, ou seja, passou de cerca de 1.3 milhões de hectares para 5 milhões, o que corresponderia a cerca de 10% da produção total de milho do Brasil. Sendo que a expectativa é que esse número continue a crescer com o passar dos anos. Além dos possíveis impactos econômicos na cadeia produtiva do milho Bt, tem-se uma possível redução da contaminação por agrotóxicos.

Segundo Moreira (2002), vários casos de contaminações humana e ambiental por agrotóxico, na área rural, tem sido identificados, desde moradores de áreas próximas até alguns casos em ambientes urbanos, por meio da contaminação ambiental e dos alimentos. Os principais fatores de contaminação são: o contato direto dos organismos com os agrotóxicos, contaminação através da via ocupacional (contaminação dos trabalhadores rurais que preparam e/ou aplicam o agrotóxico), pela via ambiental (dispersão/distribuição dos agrotóxicos ao longo do meio ambiente) e por meio da via alimentar (contaminação devido à ingestão de produtos contaminados por agrotóxicos). Embora alguns estudos científicos sobre o impacto do cultivo de OGMs estejam disponíveis na literatura – por exemplo, Barreto (2010) e Farias e Costa (2010) – o tema é extenso e está longe de ser esgotado, principalmente com relação aos impactos do cultivo do milho geneticamente modificado.

Devido ao desconhecimento dos efeitos danosos dos defensivos agrícolas para a saúde humana, inúmeros agricultores podem superestimar os seus benefícios e utilizar doses superiores às recomendadas e necessárias. Estudos indicam que os agroquímicos são responsáveis por mais de 20 mil mortes não intencionais por ano, sendo que a maioria ocorre no Terceiro Mundo, onde se estima que 25 milhões de trabalhadores agrícolas são intoxicados de forma aguda anualmente (Araújo, 2000).

Segundo o *Department of Agricultural Economics and Rural Development, Georg-August-University of Goettingen* (2009), as intoxicações agudas são o resultado mais aparente do impacto destes produtos na saúde humana. Sendo caracterizada como intoxicação aguda por defensivo agrícola, a manifestação clínica, através de sinais e sintomas, do efeito nocivo decorrente da interação do agroquímico com o produtor e que se apresenta de forma súbita, geralmente única e dentro de um prazo de 24 horas. Já a intoxicação crônica por agroquímicos é caracterizada pela manifestação clínica, através de sinais e sintomas, do efeito nocivo decorrente da interação do defensivo agrícola com o produtor que se apresenta após exposições repetidas ao mesmo, por um período prolongado (superior a três meses).

Pergunta-se: como os impactos do milho geneticamente modificado, resistente a insetos, ocorrem nos diferentes países que os adotaram? É possível fazer um balanço entre benefícios (ao produtor e à saúde humana, no caso dos agricultores) e os riscos potenciais (à saúde humana, dos produtores e do consumidor e ao ambiente) com base nos estudos realizados na literatura recente?

No caso do milho geneticamente modificado, a literatura consultada indica que os impactos na economia brasileira poderão ocorrer principalmente em função do aumento da renda dos produtores brasileiros, em função de possível redução no custo de produção, e em função da possibilidade de redução nos gastos com saúde pública. Entretanto, poucos estudos quantificaram esses impactos ou sistematizaram os resultados já obtidos sobre o tema. Portanto, este trabalho tem por objetivo geral contribuir para o debate sobre os impactos da utilização do milho transgênico, especificamente, no caso da saúde humana.

Os objetivos específicos são: 1) identificar e discutir os métodos desenvolvidos no Brasil para avaliação de impactos de tecnologias agrícolas; 2) identificar e discutir os procedimentos que tem sido utilizados internacionalmente na avaliação de impactos de novas tecnologias; 3) identificar os principais impactos na saúde do trabalhador brasileiro da utilização do milho Bt (resistente a insetos), por meio da literatura científica e cálculos complementares, mediante aplicação de metodologia apropriada.

## **1. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE NOVAS TECNOLOGIAS**

A análise dos impactos socioeconômicos e ambientais da produção de milho produzido a partir de sementes transgênicas demanda a utilização de metodologias que permitam esclarecer os benefícios ou malefícios do uso do milho na agricultura brasileira. Atualmente existe a possibilidade de utilização de diversos modelos de avaliação de impactos, que se baseiam principalmente na identificação de indicadores, normalmente, aplicados para avaliar os impactos resultantes da aplicação de uma determinada tecnologia. Este capítulo apresenta a evolução dos métodos de avaliação de inovações tecnológicas.

No caso do milho geneticamente modificado os impactos na economia brasileira poderão ocorrer principalmente de duas formas: a) por meio do aumento da renda dos produtores brasileiros, em função de possível redução no custo de produção e, b) segundo, através de menores gastos com saúde pública, através de benefícios à saúde do agricultor, com redução da mortalidade e morbidade. As sementes modificadas proporcionam maior resistência a pragas e doenças. Portanto, teoricamente, é necessário utilizar menor volume de herbicidas nas produções agrícolas que utilizam OGM, com manutenção e até mesmo aumento no nível de produtividade.

Ou seja, as sementes modificadas proporcionariam um aumento da renda do produtor, já que as mesmas diminuem as perdas na safra, decorrentes da proliferação de pragas e doenças. Portanto, se tem um aumento no nível de produtividade média por hectare e conseqüentemente do lucro. Ocorreria também uma redução nos custos provenientes da compra e utilização de herbicidas e pesticidas. Conseqüentemente, a redução no uso de agrotóxicos poderá resultar em redução no custo de produção e aumento da renda do produtor.

Já os benefícios à saúde estariam associados à maior expectativa de vida dos produtores e às melhores condições de vida e trabalho decorrentes da redução de intoxicações crônicas ou agudas causadas por agroquímicos utilizados nas plantações. Vale ressaltar que, muito provavelmente, as principais reduções no uso dos defensivos agrícolas ocorrerão em regiões que os utilizam com maior intensidade. Nas regiões onde se costuma utilizar pequenas

aplicações de defensivos, os maiores ganhos muito provavelmente deverão ocorrer pela redução dos riscos na saúde. Conseqüentemente, a redução no uso de agrotóxicos poderá resultar em redução no custo de produção. A redução de gastos na saúde pública poderá ocorrer por meio da redução nos atendimentos médicos decorrentes de intoxicações crônicas ou agudas causadas por agroquímicos utilizados nas plantações.

### **1.1 Evolução dos métodos de avaliação de inovações tecnológicas**

A preocupação com a avaliação de impactos da geração de novos conhecimentos só começou a despontar a partir da segunda metade do século XX, com o aumento dos investimentos em pesquisa, a amplitude temática e a importância atribuída à inovação tecnológica. Inicialmente, as avaliações de impactos da pesquisa agropecuária e agroindustrial se restringiam ao aspecto econômico, mas a partir da década de 1960 as análises ambientais e sociais passaram a ser cada vez mais freqüentes, porém inicialmente empregadas separadamente das avaliações de impactos econômicos.

Em 1962, Rachel Carson publicou um livro sobre os efeitos do uso de pesticidas sobre o meio ambiente, chamado de “Silent Spring”, que segundo Modak e Biswas (1999) é um dos mais influentes alertas sobre a degradação ambiental. Em 1969 a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) foi formalmente adotada pela Suécia e na década de 1970 passou a ser adotada nos EUA, Canadá, Austrália, Malásia, França e mais tarde em outros países. Aos poucos os aspectos sociais passam a ser agregados às Avaliações de Impactos Ambientais.

Nos EUA a Avaliação de Impactos Sociais foi legalmente incorporada à AIA por meio do National Environmental Policy Act (NEPA), assinado em Janeiro de 1970. O ato se tornou a base para uma atividade de rotina em muitos governos estaduais norte-americanos, bem como em vários outros países (Jain et al., 1993). Em 1986 o Banco Mundial também incluiu as avaliações de impacto ambiental e social em seus procedimentos de avaliação de projetos. A avaliação de impactos sociais se tornou muito importante para analisar programas governamentais, uma vez que o objetivo principal destes é o aumento do bem-estar social. Porém essas avaliações continuaram pouco expressivas na pesquisa agropecuária até a década

de 1990. A necessidade de se avaliar conjuntamente os aspectos econômicos, sociais e ambientais dos impactos emergiu do conceito de desenvolvimento sustentável. Ademais, a maior parte dos programas criados para avaliar impactos na agricultura está relacionada à avaliação da sustentabilidade de cadeias agrícolas e não à avaliação de tecnologias específicas.

Na Austrália, a avaliação de impactos se solidificou com o “National Collaborative Project on Indicators for Sustainable Agriculture” (NCPISA), de 1995, do “Standing Committee on Agriculture and Resource Management” (SCARM, 1998). Esse projeto se refere à sustentabilidade da agricultura australiana e uma de suas tarefas principais foi concluir o desenvolvimento técnico de indicadores de sustentabilidade e seus respectivos atributos.

Na Europa, o “European Union Concerted Action Project on Environmental Indicators for Sustainable Agriculture” (ELISA) (Wäscher, 2000) forneceu às instituições e, especialmente, à Comissão Europeia e a Agência Europeia do Ambiente (AEA), diversas informações. Essas informações dizem respeito aos benefícios e os efeitos nocivos das diversas práticas agrícolas sobre o ambiente, a dimensão específica de programas comunitários vis-à-vis a sustentabilidade da agricultura, os recursos atuais e potenciais para a diversidade e a sustentabilidade da agricultura europeia. Este projeto foi implementado em 1999 e seus resultados foram apresentados à Comissão Europeia em Bruxelas, em 1999.

Em 2002, a “United Nations Conference for the Commerce and Development” (UNCTAD) e o “International Institute for Sustainable Development” (IISD) lançaram o “Committee on Sustainability Assessment” (COSA) (IISD, 2007), desenvolvido no âmbito da “Sustainable Commodity Initiative” (SCI), que visa promover a sustentabilidade na produção e comércio entre as cadeias produtivas das principais commodities agrícolas. Uma das principais características do trabalho realizado no contexto SCI é o estudo do impacto e da avaliação dos custos e benefícios da implementação de programas de produção sustentável. O modelo específico para café foi avaliado em alguns países, mas ainda não é adotado regularmente.

Na Suíça foi desenvolvido o “Response Inducing Sustainability Evaluation” (RISE) / “Improving Sustainability of Agricultural Production” (INFASA), no Swiss College of Agriculture, University of Applied Sciences (Häni, Pintér e Herren, 2006). Este modelo foi desenvolvido a fim de permitir uma visão holística da sustentabilidade da produção agrícola e melhorar o modelo de produção. Abrange aspectos ecológicos, sociais e econômicas da sustentabilidade.

Na última década, foram desenvolvidos no Brasil alguns métodos de avaliação de impactos socioeconômicos e ambientais de tecnologias, dentre os quais se destacam o AMBITEC-AGRO, desenvolvido na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que tem investido bastante em pesquisas sobre alimentos geneticamente modificados e o ESAC, desenvolvido no Instituto de Geociências, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

## **1.2 Ambitec-Agro**

O Sistema Ambitec consiste na análise *ex-post* dos impactos de uma tecnologia, na medida em que ela está sendo conduzida após a conclusão das pesquisas que lhe deram origem. Cada aspecto da avaliação é contemplado por uma metodologia específica. Os aspectos socioeconômicos são avaliados por meio do Sistema de Avaliação de Impacto Social de Inovações Tecnológicas Agropecuárias (Ambitec-Social) e a avaliação de impactos ambientais por meio do Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental de Inovações Tecnológicas Agropecuárias (Ambitec-Agricultura). Juntos compõem o Sistema Ambitec-Agro (Irias et al. 2004).

O Sistema Ambitec é constituído por planilhas eletrônicas que consideram a contribuição dos diversos aspectos de determinada inovação tecnológica para a melhoria ambiental, dependendo do segmento do agronegócio em avaliação. Cada um destes aspectos é composto por um conjunto de indicadores organizados em matrizes de ponderação automatizadas. Os componentes dos indicadores são valorados com coeficientes de alteração, conforme conhecimento pessoal do adotante/responsável da tecnologia. A aplicação do



Sistema envolve uma entrevista/vistoria conduzida pelo usuário do sistema e aplicada ao adotante/responsável pela atividade do agronegócio. A entrevista visa a obtenção do coeficiente de alteração do componente, para cada um dos indicadores de impacto, conforme avaliação do adotante/responsável, especificamente em consequência da aplicação da tecnologia à atividade, na situação vigente.

A inserção dos coeficientes de alteração do componente, diretamente nas matrizes e sequencialmente nas planilhas, resulta na expressão automática do coeficiente de impacto ambiental da tecnologia, relativizada por fatores de ponderação devido à escala da ocorrência da alteração e ao peso do componente na composição do indicador. Os resultados são expressos graficamente na planilha “AIA da Tecnologia”, após ponderação automática dos coeficientes de alteração coletados pelos fatores de ponderação dados. Em síntese, o sistema envolve três etapas (Irias et al., 2004):

- Coleta de dados gerais sobre a tecnologia, incluindo alcance (abrangência e influência), delimitação da área geográfica e o universo de adotantes (definição da amostra de adotantes);
- Aplicação dos questionários em entrevistas individuais com adotantes selecionados e inserção dos dados sobre indicadores de impacto nas planilhas eletrônicas componentes do Sistema (plataforma MS-Excel®), obtendo-se resultados quantitativos dos impactos e índices parciais e agregados de impacto ambiental da tecnologia selecionada;
- Análise e interpretação dos índices e indicação de alternativas de manejo ou tecnologias para minimizar os impactos negativos e potencializar os positivos, contribuindo para o desenvolvimento local sustentável.

O procedimento de avaliação consiste em solicitar ao adotante/responsável pela tecnologia a indicação da direção (aumenta, diminui, ou permanece inalterado) dos coeficientes de alteração dos componentes para cada indicador, em razão específica da aplicação da tecnologia à atividade e nas condições de manejo particulares a sua situação. O avaliador informa ao adotante/responsável os aspectos e indicadores de impactos e vistoria a

unidade em avaliação com o intuito de averiguar a qualidade das informações. O resultado da avaliação depende dos coeficientes de alteração dos componentes, logo a subjetividade em sua obtenção deve ser reduzida, pela padronização rigorosa dos coeficientes, de um lado, e de sua interpretação de outro.

Essa padronização é feita em duas etapas: 1) seleção e formulação objetiva dos componentes e indicadores; e 2) delimitação e definição desses componentes no contexto tecnológico. As matrizes automáticas incluem fatores de ponderação referentes à importância do componente para a formação do indicador e a escala geográfica de ocorrência da alteração no componente. Os valores de ponderação somam um (1) e variam com o número de componentes de determinado indicador, constituindo fatores de normalização definidos em teste de sensibilidade. Desde que o valor total de todos os componentes seja igual a um (1), a importância de cada um pode ser alterada, para melhor refletir situações em que certos componentes devam ser enfatizados. Portanto, neste estudo as ponderações do Sistema original serão reavaliadas, com a contribuição de outras Instituições de pesquisa (signatárias do Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café), e, se necessário, alteradas para representar de forma adequada a realidade setorial.

A escala da ocorrência explicita o espaço no qual se processa a alteração no componente do indicador, conforme a situação específica de aplicação da tecnologia e pode ser: 1) Pontual: os efeitos da tecnologia se restringem apenas ao local de sua ocorrência ou à unidade produtiva na qual esteja ocorrendo a alteração; 2) Local: os efeitos se fazem sentir externamente a essa unidade produtiva, porém confinados aos limites do estabelecimento em avaliação; e 3) No entorno: os efeitos se fazem sentir além dos limites do estabelecimento. Devido à característica muito localizada de alguns componentes de indicadores, algumas matrizes limitam a ocorrência ao âmbito pontual, por exemplo, o uso de insumos. Os fatores para ponderação da escala de ocorrência não podem ser modificados pelo usuário e expressam um valor proporcionalmente maior quando a tecnologia afeta um espaço ou um ambiente que extrapola o limite da unidade de negócio.

A utilização das planilhas do Sistema Ambitec é simples, flexível e o usuário pode

adaptá-las a situações específicas (Irias *et al.*, 2004). Na dimensão ambiental o método apresenta medidas da contribuição da tecnologia agropecuária para o desenvolvimento local sustentável. O Sistema permite participação ativa dos produtores ou responsáveis e serve para a comunicação e armazenamento das informações sobre impactos ambientais. A plataforma computacional é amplamente disponível, passível de distribuição e uso a baixo custo e permite a emissão direta de relatórios impressos e de fácil manuseio.

A apresentação gráfica dos resultados de desempenho ambiental da inovação tecnológica para cada indicador individual oferece um diagnóstico para o produtor ou administrador, apontando a situação de conformidade com padrões ambientais em cada aspecto do impacto da tecnologia nas condições do estabelecimento. Os gráficos dos resultados agregados, para as diferentes dimensões ambientais, proporcionam uma visão das contribuições, positivas ou negativas, da tecnologia para o desenvolvimento local sustentável, facilitando a definição de medidas de promoção ou controle da atividade no âmbito da comunidade e proporcionam uma unidade de medida objetiva de impacto.

### **1.3 ESAC**

As bases conceituais do modelo foram desenvolvidas a partir da aplicação da metodologia aos programas de cana-de-açúcar e citros do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a partir de um estudo financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) no início dos anos 2000. A metodologia considera, com o mesmo nível de relevância, as seguintes dimensões de impactos: econômica, social, ambiental e de capacitação e utiliza métodos de avaliação multicriteriais (MADM), que permitem modelar um problema complexo em uma linguagem compartilhada e múltiplas análises.

Vegro, Fronzaglia e Veiga Filho (2009) utilizaram esse método na avaliação dos impactos econômicos da tecnologia do café cereja descascado, em quatro municípios paulistas, com amostra de 15 cafeicultores. Os autores constataram que o volume de indicadores e a profundidade e abrangência do levantamento, realizado por meio de entrevistas

tanto com questões fechadas como abertas, restringe a possibilidade de se trabalhar com amostras grandes. As dimensões consideradas no estudo de Vegro et al. (2007) foram: Gestão, Econômica, Social, Ambiental e Qualidade (GESAQ). A dimensão ambiental foi descrita em Vegro et al. (2007a).

O ESAC também se baseia em indicadores. Para hierarquizá-los, criar os questionários, coletar, organizar, tabular e gerar quadros com resultados estatísticos, utiliza-se o *software* IMPACTOS, desenvolvido pela empresa Elabora, quando incubada na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Cada componente recebe um peso ( $k$ ) em função da percepção de especialistas durante a validação do questionário e dos componentes de impacto. Para a coleta dos dados, utilizam-se questionários com perguntas fechadas para todos os componentes de impacto, com escala de Lieckert, as quais são convertidas pelo software no intervalo  $[-1, 1]$  possibilitando a comparação de medida ( $x$ ) entre os componentes de impacto. Utiliza-se uma medida de distribuição de frequência das respostas ( $z$ ), para se determinar um limite mínimo de sua coesão, para ativar o componente na árvore de componentes. Para a análise do impacto econômico, procura-se obedecer ao limite de coesão da amostra. Vegro, Fronzaglia e Veiga Filho (2009) utilizaram  $Z=0,75$  como patamar de tolerância à ambiguidade. Nesses casos, a melhor medida para impactos é dada pelos estratos nos quais  $Z \geq 0,75$ , e não pelo resultado agregado da avaliação. Como suporte para a avaliação crítica das medidas de impacto são utilizadas informações qualitativas complementares obtidas durante a realização das entrevistas. O uso de coeficiente de participação da tecnologia ( $a$ ) permite isolar sua contribuição na pontuação para um determinado componente, que constitui em última instância o impacto. A decomposição dos impactos é efetuada pelos impactos gerais (IG) e sua coesão  $Z$  de  $x$ ; impactos da tecnologia (ICD) e sua coesão  $Z$  de  $a$ ; e impactos decorrentes de outras causas (IOC). O somatório de ICD e IOC corresponde ao IG, ponderadas as coesões e os pesos dos seus componentes de impacto ( $k$ ). Dessa forma, chega-se ao impacto agregado final da dimensão analisada (Furtado e Salles-Filho, 2003).

O software IMPACTOS possibilita o cadastro de componentes de impacto para cada dimensão. Para cada componente, a ferramenta permite criar escalas personalizáveis para as respostas (sentido, número de elementos, descrição de rótulos, tipo de função da escala),

além da definição de perguntas do questionário para cada componente de impacto, com um formulário para anotações de informações adicionais para cada resposta por entrevistado. A ferramenta foi criada, principalmente, para tratar de grandes volumes de dados, realizando o cálculo automático das convergências de respostas e ativação dos componentes quando há convergência, para a análise agregada dos resultados. Possibilita também a realização simultânea de vários questionários por meio da internet, seja pelo entrevistador ou pelo próprio respondente previamente cadastrado, armazenando-se os dados em um servidor. O ESAC considera os impactos resultantes das interações entre diferentes tecnologias e o período decorrido entre o desenvolvimento da tecnologia e sua adoção pelo setor produtivo.

## **2. AVALIAÇÃO IMPACTOS DE NOVAS TECNOLOGIAS NA SAÚDE HUMANA**

No caso da avaliação dos impactos relacionados à redução do uso de agroquímicos sobre a saúde humana, em função do uso de sementes geneticamente modificadas, uma proposta metodológica a ser utilizada é o método DALY (Disability Adjusted Life Years), que nada mais é que um indicador global do estado de saúde de uma população que incorpora os conceitos de morte prematura e anos vividos com incapacidade.

Essa metodologia pode fornecer uma ferramenta que permita avaliar o impacto na saúde humana das intoxicações por agroquímicos. Na atualidade, o DALY tem sido considerado o método mais adequado para avaliar quantidade de anos perdidos, seja por morte ou por deficiências decorrentes de doenças.

### **2.1. Evolução do DALY**

O DALY foi desenvolvido durante o processo de preparação para o “*1993 World Development Report: Investing in Health*”. A metodologia foi desenvolvida por uma equipe da Escola de Saúde Pública da Universidade de Harvard, tendo sido coordenada pelo economista Christopher Murray, a pedido do Banco Mundial. O objetivo dessa metodologia é medir a “*Global Burden Of Disease – GBD*” (Carga Global de Doença) das populações, tendo como pré-requisito básico a integração da mortalidade e da morbidade em um mesmo indicador.

Assim, o DALY é um indicador global do estado de saúde de uma população que mede os anos de vida perdidos, seja por morte prematura, *Years of Life Lost – YLL* (Anos de Vida perdidos por morte prematura), ou incapacidade, *Years Lived with Disability – YLD* (Anos vividos com incapacidade), com relação a uma esperança de vida, incorporando os conceitos de morte prematura e anos vividos com incapacidade em uma única medida de "carga de doença". Logo, o conceito de “incapacidade” passa a ser fundamental nessa metodologia. O conceito do DALY baseia-se na definição de incapacidade como “impacto da deficiência sobre o desempenho individual”. Portanto o DALY mede simultaneamente o efeito

da mortalidade e os problemas de saúde que afetam a qualidade de vida dos indivíduos (LYTTKENS, 2003).

Esse método propõe o uso da tábua de mortalidade que foi desenvolvida por Coale e Guo (1989), nessa tábua de mortalidade a esperança de vida é calculada para cada idade exata. No estudo foi considerado, como padrão de esperança de vida ideal ao nascer, a do Japão, que é de cerca de 80 anos para os homens e de 82 anos e meio para as mulheres. O tempo em que o indivíduo vive sob incapacidade é calculado através de um conjunto de ponderações que acabam por refletir uma redução da capacidade funcional, sendo essa redução o resultado de estudos de carga de doença específicos para cada morbidade.

Essa padronização é necessária para permitir uma comparabilidade correta dos resultados. Em Nord (1999) é ressaltado que a atribuição de pesos às doenças ou às sequelas não significa que o valor da vida de um indivíduo com alguma incapacidade permanente ou temporária tenha um menor valor que a de um indivíduo com saúde perfeita.

Outra característica dessa metodologia é a possibilidade de se utilizar estatísticas e dados epidemiológicos que geralmente são disponibilizados por diversos países. Logo, essa metodologia possibilita a comparação entre diversos países e a observação dos resultados de suas respectivas políticas públicas.

Foi criada para o DALY uma escala associando pesos à mortalidade e às doenças, e às suas possíveis seqüelas, permitindo assim o uso de dados referentes a mortes prematuras e anos vividos com incapacidade. Essa escala de saúde varia entre zero e um, sendo que “um” é o resultado pior possível (a morte) e “zero” é o melhor possível (estado de saúde perfeita). Para cada óbito ou registro de incapacidade são computados os DALY's correspondentes a serem registrados para as estimativas das cargas de doença de acordo com o causador do óbito ou incapacidade, ou regiões, países, etc.

Originalmente, a incapacidade do DALY era definida por quatro domínios da vida individual (a procriação, ocupação, educação e recreação) e também eram classificados em seis níveis de impactos. As avaliações dos níveis de impactos de cada tipo diferente de

patologias eram realizadas através do consenso de grupos formados por especialistas, em um primeiro momento alunos de Havard e posteriormente por profissionais da área de saúde.

Atualmente ocorreu uma mudança relevante, pois se passou a utilizar o método do “*person trade-off*” que ampliou a definição de incapacidade para qualquer tipo de sequela incapacitante, de qualquer tipo de natureza. Isso ocorreu pois na prática clínica e no dia a dia, frequentemente é possível identificar indivíduos que, apesar de não aparentarem possuir algum tipo de patologia, são portadores de doenças ou algum tipo de agravo ou sequela e que são ativos, tanto social quanto profissionalmente. Em contra partida, há indivíduos com alguma doença ou incapacidade decorrente dessas possíveis doenças e, em alguns casos, não possuem evidências clínicas das mesmas. A tabela 1 é um exemplo da apreciação da incapacidade.

Tabela 1. Apreciação da incapacidade dos indivíduos: grau, peso, condição – índice.

Grau	Peso	Condição
1	0,00 – 0,02	Vitiligo, Baixo peso
2	0,02 – 0,12	Diarréia, Anemia
3	0,12 – 0,24	Infertilidade, Artrite, Angina
4	0,24 – 0,36	Amputação de membro inferior, Surdez
5	0,36 – 0,50	Fístula retovaginal, Retardo mental moderado
6	0,50 – 0,70	Depressão unipolar, Cegueira, Paraplegia
7	0,70 – 1,00	Psicose grave, Demência, Quadriplegia

Fonte: Adaptado de Murray e Acharya (1997).

## 2.2. Metodologia de Cálculo do DALY

### 2.2.1. Cálculo

A expressão algébrica do DALY é bem simples:

$$DALY_i = YLL + YLD$$

Sendo, *YLL = Years of Life Lost* (Anos de Vida perdidos por morte prematura), *YLD = Lived with Disability* (Anos vividos com incapacidade) e “*i*” o grupo de morbidade em que se enquadram os quadros de óbitos ou incapacidade.



Os anos de vida perdidos por morte prematura (*YLL*) são calculados através do produto do número de óbitos por uma causa específica e o número de anos perdidos. Esse número de anos perdidos é uma função da idade em que ocorreu o óbito e do sexo (Mathers et al., 2006). Logo, para uma determinada causa “*c*”, idade “*a*” e sexo “*s*” o *YLL* pode ser expresso por:

$$YLL(c,a,s) = N(c,a,s) \times E(a,s)$$

$N(c,a,s)$  = o número de óbitos devido à causa “*c*”, idade “*a*” e sexo “*s*”

$E(a,s)$  = a expectativa de vida para a idade “*a*” e sexo “*s*”

A expectativa de vida ao nascer, como dito anteriormente é de 82,5 anos para mulheres e de 80 anos para os homens de acordo com a tábua de vida padrão estimada por Coale e Guo (1989).

Já o cálculo de *YLD* é baseado na quantidade de casos para cada doença, incapacidade ou agravo. Nesse ponto aplica-se a tabela 1, a qual nos fornece um peso que varia entre “0” e “1”, sendo que o resultado “1” é o pior possível (a morte) e o resultado “0” o melhor possível (estado de saúde perfeita), atribuindo assim um peso para cada doença ou incapacidade. O *YLD* para uma determinada causa “*c*”, idade “*a*” e sexo “*s*” é dado por:

$$YLD(c,a,s) = I(c,a,s) \times D(c,a,s) \times P(c,a,s)$$

$I(c,a,s)$  = o número de casos incidentes da causa de doença *c*, idade *a* e sexo *s*;

$D(c,a,s)$  = corresponde à duração média da doença ou o tempo efetivo (caso esse dado esteja disponível);

$P(c,a,s)$  = peso da doença (em alguns casos assume valores diferentes por idade e sexo e são utilizados pesos diferentes para as doenças que estão ou não sendo tratadas pelos indivíduos).

Os criadores da metodologia incorporaram duas funções na fórmula simplificada, de forma a reforçar as propriedades econométricas desse indicador. As duas alterações foram:

- 1- Um desconto para os anos não vividos (os anos que estão por vir possuem um peso menor, se comparado com os anos já passados ou com o tempo presente), ou seja, tem a incorporação de uma taxa de desconto para os anos perdidos que estão no futuro. De acordo com Lind (1982) o desconto de futuros benefícios é comumente praticado em análises econômicas, consistindo na atribuição de valores maiores ou menores no futuro quando comparados ao presente;
- 2- Ponderação por idade, esse método valora os anos iniciais e finais da vida humana com um peso inferior ao utilizado entre esses dois períodos se tem uma incorporação de uma função de ponderação por idade que atribui esses diferentes pesos.

A metodologia DALY tem o apoio do Banco Mundial, mas, apesar disto, recebe algumas críticas. As principais são:

- 1- O DALY reduz a saúde, em última instância, a um perfil de doença. Dessa maneira alguns elementos que não podem ser estimados quantitativamente são negligenciados para a determinação dos níveis de saúde.
- 2- A metodologia tem como base um grande número de pressupostos e ajustes unilaterais – como pesos, descontos – que acabam por distorcer a medida e, conseqüentemente, aumentam o desvio com relação à realidade.
- 3- Como o método agrupa mortalidade e morbidade com graus dissimilares de precisão. Os indicadores que possuem essa característica acabam por apresentar um excessivo nível de agregação. Esse nível de agregação, em alguns casos, pode acabar por “mascarar” desigualdades em saúde.
- 4- A crítica mais comprometedora ao projeto metodológico, DALY, é relacionada a princípios éticos e políticos do sistema de financiamento e de tomada de

decisão do projeto. De acordo com Hammer (1999), vários dos pressupostos utilizados para o cálculo do DALY podem violar os julgamentos éticos, visto que apenas somar DALY's pode tanto significar um dia de trabalho perdido como a vida de uma pessoa perdida. Para o autor isso até pode ser matematicamente aceitável, mas do ponto de vista humano é muito mais problemático quantificar os valores das vidas de diferentes indivíduos que viveram em diferentes épocas.

Os desenvolvedores do DALY vêm ao longo dos anos tentando melhorar a metodologia de forma a abrandar os problemas levantados pelas críticas. Em Murray e Acharya (1997) os autores argumentam que um DALY demasiadamente complexo, com inúmeras contextualizações acabaria por elevar o grau de aplicação da metodologia, podendo torná-la inviável. Por fim, esses dois autores recomendam, aos que preferirem, usar as medidas sem ajustes ou correções, em lugar das versões corrigidas.

De acordo com Almeida Filho (2000) se deve ser justo com os formuladores do DALY, pois essa metodologia apresenta uma simplificação, ao agregar em um único índice o nível de comprometimento funcional. Segundo o autor, ainda amplia o escopo da metodologia proposta, à medida que se apresenta como um quantificador macroeconômico de morbidade e incapacidade provocadas por patologias.

Durante o estudo original as patologias foram classificadas em três grandes grupos, esses são: Doenças infecciosas e parasitárias, condições maternas, perinatais e nutricionais; Doenças não-transmissíveis; e Causas externas. Cada um desses grandes grupos foi subdividido em 22 grupos. Em Leite (2005) o autor utiliza como exemplo o grupo de doenças não-transmissíveis, que possui um subgrupo de doença denominado cânceres. Esse subgrupo é posteriormente subdividido nos diversos tipos de cânceres existentes. Em Murray e Lopez (1996) os autores fizeram estimativas para um conjunto de mais de cem patologias, sendo que uma grande parte dessas patologias acaba tendo como consequência uma série de sequelas. Essas sequelas são consideradas na estimação do YLD.

Uma das grandes dificuldades de aplicar o DALY é o fato de que, principalmente em países em desenvolvimento, dados sobre esse conjunto de patologias são esparsos e em alguns casos inexistentes. Outro fator que compromete o uso da metodologia é a necessidade de dados específicos a respeito de cada patologia, visto que, o cálculo do YLD requer conhecimento das incidências das patologias por idade, sexo e duração de cada uma delas. A duração de algumas doenças, principalmente as infecciosas é bem documentada e de fácil obtenção, em contra partida, para doenças crônicas dificilmente se tem uma resposta de consenso. Dessa maneira, em Barendregt (2003) foi desenvolvido o software DISMOD que avalia a consistência das informações e que estima alguns parâmetros das diversas patologias, como a incidência e duração de cada doença analisada.

#### 2.2.2 Estimação do Componente da Mortalidade – YLL

No caso específico do Brasil, desde 1979, tem-se um Sistema de Informações de Mortalidade (SIM) relativamente estruturado. Os óbitos são registrados e disponibilizados de acordo com o ano e unidade da federação. De acordo com Mello Jorge e Gotlieb (2000) esse registro não é completo, pois há casos de óbitos que não são registrados nesse sistema, principalmente nos estados do Norte e Nordeste do país. Logo, é necessário o cálculo do indicador em questão através de uma estimativa do registro de óbitos. Assim, são utilizados os estudos de Coale e Trussel (1977), Brass (1975) e Preston (1980) para realizar a estimativa de óbitos ocorridos, tanto para menores de um ano quanto para os com mais de um ano.

Outro problema desse sistema é a grande quantidade de óbitos com causas não definidas, os quais correspondem a sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório não classificados em outra parte dos códigos R00-R99, da 10ª Classificação Internacional de Doenças (CID-10). A quantidade de óbitos sem causas definidas é muito grande. Como exemplo, em 1998 eles representaram 15% dos óbitos registrados no SIM.

Por fim, tem-se ainda a limitação do uso de códigos inespecíficos que acabam por não caracterizar a causa do óbito, que é denominado por Mathers (2005) como código-lixo. Os principais códigos inespecíficos são causas externas, doenças cardiovasculares e cânceres. No

estudo de Gadelha (2002), Projeto Carga de Doença no Brasil, foi elaborada uma lista de códigos-lixo nos quais eram identificadas as causas dos óbitos nas quais esses códigos deveriam ser distribuídos. Esse estudo permitiu um grande avanço, pois pela primeira vez foram estabelecidos parâmetros clínicos epidemiológicos para aproximadamente quinhentos tipos de patologias e seqüelas; ele tem como base uma adaptação da proposta de Murray e Lopes (1994) ao contexto do Brasil, sendo o seu objetivo a medição do impacto da mortalidade e dos impactos na saúde sobre a qualidade de vida dos indivíduos. Esse projeto de Gadelha é de grande importância, pois serviu como base para a estimação de anos de vida por incapacidade. A estimação do YLL foi calculada após realizar-se a distribuição dos códigos-lixo segundo as categorias especificadas pelo GBD.

### 2.2.3. Estimação do Componente da Morbidade – YLD

Para realizar a estimação do Componente da Morbidade (YLD) Leite (2005) reuniu as principais bases de pesquisas disponíveis na lista seguinte:

- Sistema de Informações sobre Agravos de Notificação – SINAN;
- Sistema de Informações Hospitalares – SIH-SUS;
- Autorização de Procedimentos de Alta Complexidade/Custo (APAC-SUS);
- Banco de Dados sobre Saúde Bucal – 1996;
- Pesquisa Nacional de Bócio em Escolares – 1995;
- Pesquisa Nacional sobre Demografia e Saúde – 1996;
- Sistema de Informação de Malária (Sismal);
- Sistema Nacional de Nascidos Vivos;
- Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD 1998;
- Censo Psiquiátrico do Município do Rio de Janeiro – 1995;

De acordo com o autor, essas bases ainda não foram suficientes para estimar os parâmetros necessários para o uso do DISMOD, que permitiria a obtenção da incidência e duração de cada patologia específica. Sendo a principal fonte de informações provenientes de uma revisão da literatura disponível, também foi dada preferência para os dados nacionais e de

base populacional, estudos de grupos de pesquisa de excelência reconhecida, e informações publicadas em periódicos indexados (Gadelha et al., 2002). Assim, após o tratamento das informações foi possível o uso do DISMOD e o posterior cálculo do *YLD*. No estudo de Leite (2005) utilizou-se apenas a taxa de desconto para o cálculo do *DALY*, desconsiderando a função de ponderação por idade.

### **2.3. Carga de Doença no Brasil**

A Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) ajudou a projetar a Carga de Doença no Brasil através do projeto Inovação em Saúde, esse projeto elaborou propostas para a saúde, como a correção do Sistema de Informações de Mortalidade. Para corrigir o SIM, para as unidades da federação, por sexo e idade, os dados foram classificados segundo as mesmas categorias de patologias usadas no estudo de 1998. As taxas de mortalidade para os três grupos principais e seus 22 subgrupos foram calculadas e utilizadas como uma variável repostada em um modelo, que utilizou três variáveis explicativas, a idade, o sexo e o tempo. Com base no resultado as taxas de variações anuais foram calculadas e ajustadas para que o total de óbitos estimados nos grandes grupos fosse igual à somatória dos óbitos estimados nos subgrupos. Por fim, tem-se que a quantidade de óbitos para todas as 113 patologias foi estimada através da distribuição relativa dentro dos próprios grupos.

Todos esses estudos permitem chegar a um valor para o cálculo do *DALY* por patologia, entretanto o objetivo deste estudo é estimar os prejuízos na saúde dos trabalhadores decorrentes das intoxicações por defensivos agrícolas. Como não podemos supor que todos os casos de doenças respiratórias crônicas são decorrentes de intoxicações por agroquímicos é necessário que se tenha uma base de informações a respeito dos casos de óbitos decorrentes de intoxicações. Outra informação fundamental para o cálculo do *DALY* é a estimativa de tempo médio para recuperação dos indivíduos que sofreram intoxicações e o peso da patologia.

Para a obtenção de uma base de dados que nos forneça a quantidade de casos e de óbitos devido às intoxicações pode-se utilizar as informações disponibilizadas pelo Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (Sinitox). Esse sistema tem como principal

atribuição coordenar a coleta, a compilação, a análise e a divulgação dos casos de intoxicação e de envenenamento notificados no Brasil. Os registros das intoxicações são realizados pela Rede Nacional de Centros de Informação e Assistência Toxicológica (Renaciat), que abrange 19 estados do país, sendo divulgados anualmente. Os registros são realizados pelos 37 Centros de Informação e Assistência Toxicológica existentes no país.

O Sinitox foi constituído em 1980 pelo Ministério da Saúde. O principal motivo de sua criação era a necessidade de criar um sistema abrangente de informação e documentação em toxicologia e farmacologia de alcance nacional. Essas informações permitem que gestores e profissionais da área de saúde pública e a população possam ter acesso a informações a respeito de medicamentos e outros agentes tóxicos que atingem a nossa sociedade. Esse sistema foi vinculado diretamente à Fiocruz (Fundação Oswaldo Cruz) até 1986, após esse ano ele foi incorporado à estrutura do Centro de Informação Científica e Tecnológica (Cict/Fiocruz), hoje, Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde (Icict/Fiocruz). As informações disponibilizadas pela Fiocruz trazem a quantidade de óbitos e os casos de intoxicações decorrentes por diversas categorias de intoxicação, desde medicamentos, até intoxicações por agrotóxicos domésticos ou de uso agrícola. Essa informação ainda pode ser dividida por sexo e faixa etária.

Logo após a consolidação dos dados, pode-se calcular facilmente o *YLL*, e com um pouco de mais dificuldade, o *YLD*. No caso do *YLD* será necessário cruzar dados e ponderá-los para estimar um tempo médio perdido por intoxicação e o peso da mesma. A idéia para o cálculo desse indicador é fazer um levantamento de estudos empíricos a respeito dos impactos na saúde dos produtores do uso de agroquímicos, com essa revisão pode-se chegar aos principais impactos, sequelas e tempo de recuperação, decorrentes de uma intoxicação.

### 3. IMPACTOS DA ADOÇÃO DO MILHO TRANSGÊNICO Bt

A redução no uso de agroquímicos decorrente da adoção de variedades transgênicas resulta em impactos diretos tanto na saúde humana quanto no aumento da economicidade da produção agrícola. Os impactos na saúde afetam diretamente dois grupos, o dos produtores agrícolas e o dos consumidores, visto que uma redução da aplicação de agroquímicos é benéfica para ambos. Já o impacto econômico afeta diretamente os produtores agrícolas, pois há uma redução do uso de agroquímicos, o que acaba por reduzir os custos de produção.

Assim, a avaliação de impactos ambientais da biotecnologia pode ocorrer em dois momentos: antes da ação potencialmente impactante (avaliação “ex-ante”) e depois dela (“ex-post”). Uma avaliação “ex-ante” de impactos ambientais provocados pela utilização de herbicidas é feita durante o processo de registro de cada novo produto. A avaliação “ex-post” é realizada após o uso do produto.

Alguns estudos sobre impactos ex-ante da biotecnologia aplicada em produtos agrícolas, especialmente em *commodities* são: Smale; Zambrano; Gruère (2009) que apresentaram o resultado de 21 estudos de impactos ex-ante no setor industrial de *commodities* agrícolas transgênicas de 1999 a 2006 em diversos países. A maioria desses estudos refere-se a impactos econômicos, medidos segundo diferentes metodologias como excedente econômico, simulação estocástica, programação linear, análise de questionários, análise de custo-benefício, entre outros. Demont et al. (2009) estimaram o impacto ex-ante de variedades de arroz resistentes a herbicidas no Senegal, por meio da valoração potencial da introdução de uma nova variedade de arroz no país.

Com relação à avaliação ex-post, grande parte dos avanços feitos no Brasil na avaliação de impactos resulta dos trabalhos da Embrapa. Um marco importante é a publicação da metodologia de referência para avaliação de impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa realizada na Embrapa por Ávila e atualizada por Avila et al. (2008) e, além de



apresentar um novo sistema de avaliação de impactos sociais, inclui avaliação de impactos sobre o conhecimento, a capacitação e o ambiente político-institucional.

No caso do milho Bt, segundo o “Department of Agricultural Economics and Rural Development”, Georg-August-University of Goettingen (2009), seu uso teve como principal efeito diminuir o uso de inseticida nas plantações ao redor do mundo. Tal fato ocorreu, pois o milho geneticamente modificado (GM) é resistente a uma variedade limitada de pragas e doenças, sendo necessário aplicar herbicidas para controlar doenças e pragas às quais a variedade Bt não é resistente. Em muitos casos tem-se uma redução significativa do uso dos agrotóxicos.

De modo geral, os estudos disponíveis na literatura discutem o efeito dos agroquímicos na saúde humana e no meio ambiente, mas não focam os aspectos econômicos correlacionados aos mesmos. A respeito do uso do milho Bt, no Brasil, se destaca o estudo de FERREIRA FILHO et al. (2009) sobre a economicidade das variedades de milho resistentes a insetos, MON89034 e MON810, em comparação com o milho convencional. Mas não há estudos sobre seu impacto na saúde do agricultor brasileiro. Portanto, será dedicado um item especial para essa questão.

### **3.1 Impactos socioeconômicos do milho Bt**

No Brasil, o estudo “Avaliação Econômica de Milho Geneticamente Modificado Resistente A Insetos – MON89034 E MON810”, de FERREIRA FILHO et al. (2009), avaliou a economicidade das variedades de milho resistentes a insetos, MON89034 e MON810, em comparação com o milho convencional. Este estudo ocorreu em duas etapas. A primeira consistiu na obtenção dos dados de produção de milho, da safra verão e de safrinha, do ano-safra 2006/07 em diferentes regiões brasileiras. Já a segunda etapa foi dividida em três diferentes simulações:

a) Manutenção do sistema atual de produção: a avaliação da economicidade com a variedade MON810 foi feita considerando a necessidade de apenas uma aplicação de defensivo agrícola específico para lagarta. Já para a MON89034, não foram utilizado

agrotóxicos específicos para lagartas. Para ambas as variedades foram mantidas as aplicações de agroquímicos efetuadas conjuntamente com herbicidas;

b) A partir dos aspectos acima, foi considerada uma elevação de 5% na produtividade;

c) Também foi considerada uma redução dos gastos com agrotóxicos com aumento concomitante de 10% na produtividade.

É importante ressaltar que as características dos sistemas de produção do milho GM foram inferidas a partir de experimento de campo conduzido pela equipe da Monsanto do Brasil®, em duas estações experimentais, nos municípios de Sorriso/MT e de Cachoeira Dourada/MG.

A metodologia consistiu em realizar um levantamento uniforme do custo médio de produção para a cultura do milho, tanto para a cultura de verão quanto para a chamada safrinha. Os dados foram coletados no campo, utilizando-se a técnica de “painel”. Nessa técnica o levantamento das informações do custo é realizado através de reuniões entre pesquisadores, técnicos e produtores na região de referência, sendo detalhados todos os passos do custo, que vão desde equipamentos a quantidades e preços pagos. Os autores utilizaram o critério de Custo Total para determinar o custo de produção. Logo foram computados itens de custo variáveis, o custo do financiamento do capital de giro, mais a depreciação de máquinas e equipamentos e o custo de estocagem. Por último foi também contabilizada a remuneração de fatores fixos diversos, como depreciação de instalações.

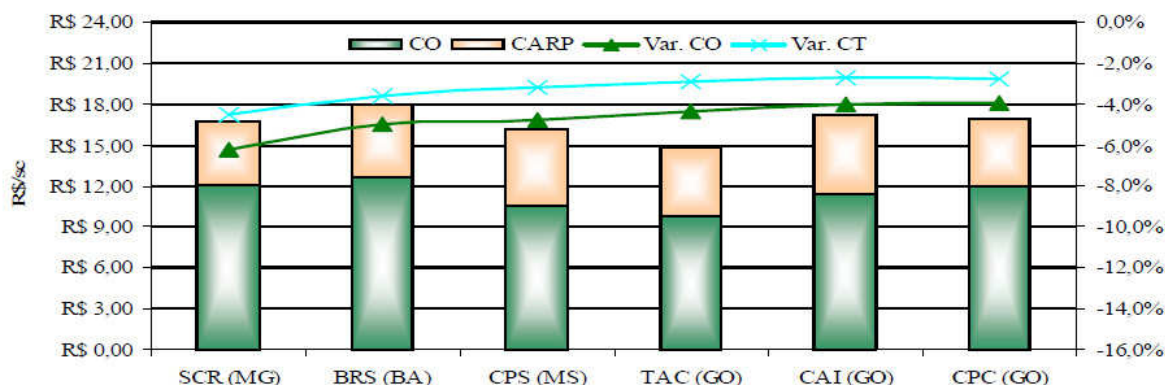
O custo total foi subdividido em duas partes: Custo Operacional (*CO*) e o Custo Anual de Reposição do Patrimônio (*CARP*). O Custo Operacional representa basicamente os insumos variáveis. Já o *CARP* representa quanto o uso do bem fixo deve proporcionar anualmente para que (*a*) um novo bem possa ser adquirido ao final do período e (*b*) o proprietário tenha um retorno equivalente ao custo real de oportunidade do capital (*r*). Para a terra (mantida a fertilidade com insumos) e o rebanho (estabilizado), o *CARP* deve

corresponder ao retorno  $r$  sobre o capital a preços de mercado. Portanto o Custo Total de Produção foi representado por  $CT_i = CO + CARP_i$ .

O estudo abrangeu as principais regiões produtoras brasileiras tanto no período de safra quanto no de safrinha. No período de safra foram analisados os seguintes Estados (e municípios): Mato Grosso do Sul (Chapadão do Sul), Minas Gerais (Sacramento) e Goiás: (Campo Alegre, Ipameri, Turvelândia, Acreúna e Chapadão do Céu). Já no período de safrinha foram analisados: Mato Grosso (Sorriso, Primavera do Leste, Campo Novo do Parecis, Rondonópolis e Nova Mutum), Mato Grosso do Sul (Chapadão do Sul e Maracaju), Goiás (Chapadão do Céu) e Bahia (Barreiras).

Como exemplo da economicidade da adoção de sementes de milho geneticamente modificadas são apresentados a seguir os resultados obtidos por este estudo para a variedade de milho com o gene MON89034 para as lavouras de verão. Essa economicidade ocorreu por dois motivos: 1) foram retiradas todas as aplicações de agroquímicos da cultura, com exceção das aplicações que ocorreram juntamente com a dessecação; e 2) pelo aumento de produtividade, analisado por meio de três possíveis cenários – sem aumento de produtividade, com aumento de 5% na produtividade e com aumento de 10%.

Sem considerar nenhuma elevação da produtividade, no caso da utilização do híbrido MON89034, as reduções nos custos operacionais nas regiões analisadas variaram de 3,9% em Chapadão do Céu e 6,2% em Sacramento; a média de redução dos custos operacionais para todas as regiões foi de 4,7% e a média de redução do custo total foi de 3,3% (Figura 1).

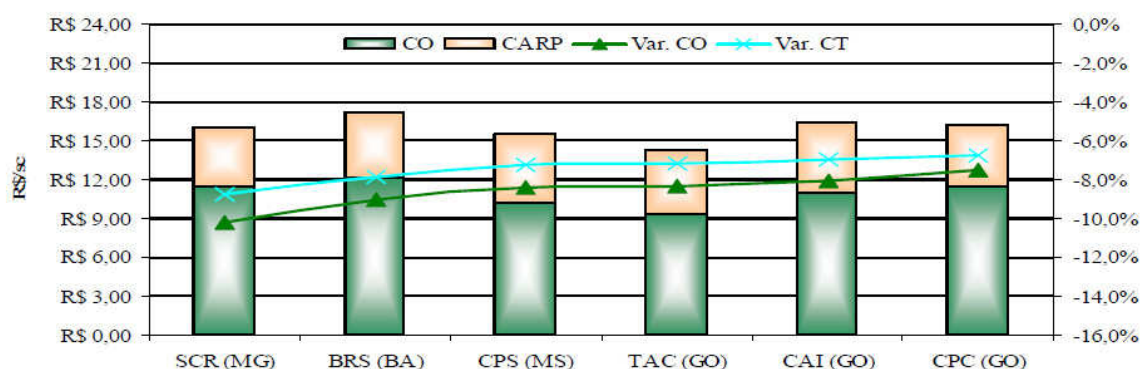


Legenda: SCR= Sacramento; BRS (BA) = Barreiras; TAC (GO) = Turvelândia/Acreúna; CPC (GO) = Chapadão do Céu; CAI = Campo Alegre / Ipameri e CPS (MS) = Chapadão do Sul.

Figura 1. Custo de produção e economicidade de milho verão com variedades MON89034, na safra 2007/08, em regiões selecionadas.

Fonte: FERREIRA FILHO et al. (2009).

Quando foi considerado um aumento de 5% na produtividade, as reduções dos custos operacionais foram superiores, sendo de 10,2% para Chapadão do Céu e de 7,5% para a região de Sacramento. Na média ocorreu uma redução de 8,6% sobre os custos operacionais e de 7,5% para os custos totais (Figura 2).

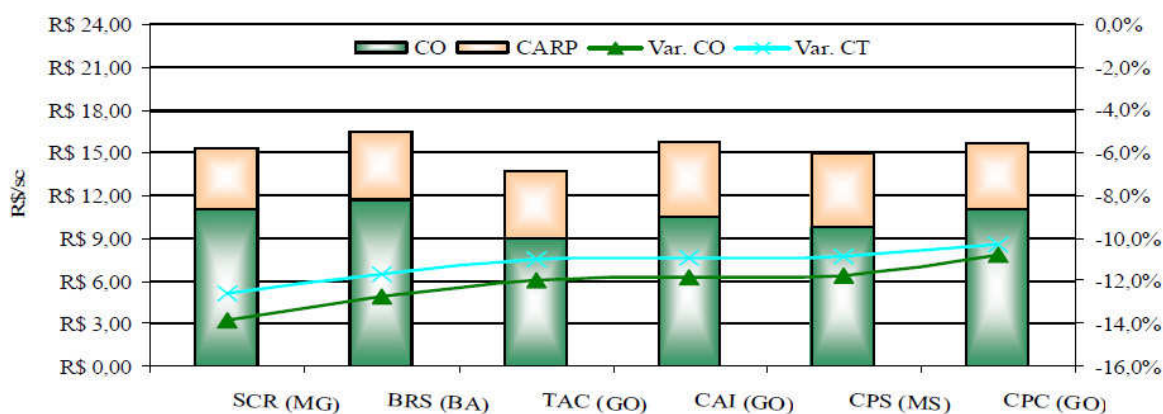


Legenda: SCR= Sacramento; BRS (BA) = Barreiras; TAC (GO) = Turvelândia/Acreúna; CPC (GO) = Chapadão do Céu; CAI = Campo Alegre / Ipameri e CPS (MS) = Chapadão do Sul.

Figura 2. Custo de produção e economicidade de milho verão com variedades MON89034 e 5% de acréscimo de produtividade, na safra 2007/08, em regiões selecionadas.

Fonte: FERREIRA FILHO et al. (2009).

Considerando-se um aumento de produtividade de 10% com o uso da variedade MON89034, tem-se uma redução entre 10,8% (Chapadão do Céu) e 13,8% (Sacramento). A redução média do custo operacional foi de 12,2% e do custo total de 11,2% para as simulações (Figura 3).



Legenda: SCR= Sacramento; BRS (BA) = Barreiras; TAC (GO) = Turvelândia/Acreúna; CPC (GO) = Chapadão do Céu; CAI = Campo Alegre / Ipameri e CPS (MS) = Chapadão do Sul.

Figura 3. Custo de produção e economicidade de milho verão com variedades MON89034 e 10% de acréscimo de produtividade, na safra 2007/08, em regiões selecionadas.

Fonte: FERREIRA FILHO et al. (2009).

A conclusão dos autores é de que os dados obtidos apresentaram resultados expressivos em relação a economicidade da utilização das duas tecnologias analisadas. Ainda de acordo com os autores, o trabalho cumpriu satisfatoriamente os objetivos propostos, visto que foram realizadas simulações em 14 sistemas de produção diferentes nas regiões Centro-Oeste e Sudeste e no Estado da Bahia. Eles observaram que os principais decréscimos de custos através do não uso do agrotóxico ocorreram em regiões do país que usavam o defensivo com maior intensidade, com o objetivo era manter a produtividade elevada. Já nas regiões nas quais se utilizavam quantidades reduzidas de agroquímicos, os maiores ganhos do uso de sementes geneticamente modificadas, provavelmente são decorrentes do acréscimo de produtividade. Os autores ressaltam que no plantio da safrinha os ganhos do produtor são maiores se comparados à safra habitual devido à maior necessidade de aplicação de inseticidas.

FERREIRA FILHO et al. (2009) argumentam, ainda, que ainda é necessário analisar a evolução dos ganhos de produtividade e de economicidade para se ter uma maior certeza sobre os benefícios econômicos ao produtor. Eles especulam que, possivelmente, além dos benefícios econômicos o uso dessa nova tecnologia permite uma maior tranquilidade ao produtor durante as diversas tomadas de decisões quanto a efetuar ou não determinada operação e a menor dependência de máquinas, equipamentos e mão-de-obra deve ser fator atrativo na opção pela tecnologia.

### **3.2 Impactos da adoção do Milho Bt na saúde do trabalhador**

#### **3.2.1 Impactos da utilização de agroquímicos sobre a saúde humana**

Os benefícios da redução do uso de agroquímicos, à sua saúde humana, estariam associados à maior expectativa de vida dos produtores e às melhores condições de vida e de trabalho decorrentes da redução de intoxicações crônicas ou agudas causadas por agroquímicos utilizados nas plantações.

No caso do uso do milho Bt, sua utilização teve como principal efeito diminuir o uso de inseticida nas plantações ao redor do mundo. Entretanto, o milho geneticamente modificado (GM) é resistente a uma variedade limitada de pragas e doenças, sendo necessário aplicar produtos químicos para controlar doenças e pragas às quais a variedade Bt não é resistente.

Em muitos casos obteve-se redução significativa do uso dos agrotóxicos. O Brasil é um dos líderes mundiais em consumo de agroquímicos, com muitos trabalhadores expostos. Entre os anos de 1997 e 2000 houve um crescimento médio de 18% nas vendas de produtos químicos destinados à agricultura, sendo que o maior crescimento foi observado no grupo dos herbicidas: 31%. Segundo Soares (2003):

*“A aplicação indiscriminada de agrotóxicos afeta tanto a saúde humana quanto ecossistemas naturais. Os impactos na saúde podem atingir tanto os aplicadores dos produtos, os membros da comunidade e os consumidores dos alimentos contaminados com resíduos, mas, sem dúvida, a primeira categoria é a mais afetada por estes (Bowles e Webster, 1995). A exposição a agrotóxicos pode levar a problemas respiratórios, tais como bronquite asmática e outras*

*anomalias pulmonares; efeitos gastrointestinais, e, para alguns compostos, como organofosforados e organoclorados, distúrbios musculares, debilidade motora e fraqueza (Antle e Pingali, 1994)."*

Os principais sinais e sintomas agudos decorrentes da exposição única ou por um curto período são: náusea, cefaléia, tontura, vômito, parestesias, hemorragias, hipersensibilidade, teratogênese, fasciculação muscular; desorientação; dificuldades respiratórias, coma e morte. Já os sintomas agudos decorrentes da exposição por longo período são: hemorragias, hipersensibilidade, teratogênese e morte fetal.

Quanto aos sinais e sintomas crônicos, para exposição única ou por curto período os sintomas são os seguintes: parestesia e paralisias reversíveis, ação neurotóxica retardada irreversível e pancitopenia. Já para a exposição continuada por longo período, os sintomas são: lesão cerebral irreversível, tumores malignos, esterilidade masculina, alterações comportamentais, neurites periféricas, dermatites de contato, formação de catarata, atrofia de nervo óptico e lesões hepáticas, dentre outros (*Manual de Vigilância da Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos*, 1996; PAS/OMS, Brasil, 1997).

O fenômeno agudo apresenta sequelas em um curto espaço de tempo, ao contrário da intoxicação crônica na qual a reversibilidade do quadro clínico normalmente é muito difícil. No caso das intoxicações crônicas, não se tem uma conclusão definitiva a respeito dos efeitos do longo tempo à exposição aos agroquímicos. Esses efeitos são dificilmente atribuídos de forma adequada, pois os sintomas podem aparecer anos após a exposição. Apesar das dificuldades, a literatura médica aponta a existência dos problemas já citados anteriormente.

### **3.2.2. Custos privados e sociais do uso de agroquímicos**

Em seu artigo, Soares (2005) demonstra as externalidades das decisões tomadas pelo agente principal, sem esse considerar os demais impactos do uso do agroquímico:

*“O uso dos agrotóxicos é um caso típico de externalidade negativa, onde um ou mais produtores são as fontes, e um ou mais consumidores são os receptores das externalidades. Um produtor agrícola, ao tomar uma decisão quanto a quantidade a aplicar de um produto, faz a avaliação em relação à produtividade marginal e ao custo marginal privado de utilizá-lo. Entretanto, esse pode não ser o melhor resultado numa perspectiva de bem-estar social, pois o custo marginal ou benefício marginal individual pode não coincidir com aquele sentido pela*

*sociedade como um todo. Assim, se por um lado o custo marginal do uso de agrotóxicos pelo agricultor inclui itens tais como o preço do insumo, o custo do trabalho do aplicador, o material usado na aplicação e etc., por outro lado, não inclui os danos à fauna e à flora, à qualidade da água e do ar e à saúde humana.”*

A redução na utilização de agroquímicos poderia reduzir os casos de intoxicação humana decorrentes de sua utilização. Os seguintes estudos, dentre outros, avaliaram diferentes aspectos do efeito de agroquímicos sobre a saúde humana, decorrentes de sua utilização na produção agrícola: Soares (2003), Veiga (2006), Silva (2005), Faria (2006). As principais conclusões desses estudos são: 1) ocorrem inúmeras intoxicações por agroquímicos, principalmente entre os produtores e trabalhadores rurais, e 2) na maioria das vezes as intoxicações não são corretamente diagnosticadas ou nem mesmo chegam ao conhecimento dos órgãos responsáveis.

Há, ainda, estudos que tratam das questões econômicas do uso dos agroquímicos e buscam valorar as externalidades decorrentes da sua utilização. Em Pingali (1994) foi avaliado o benefício líquido da utilização dos agroquímicos na produção de arroz. Esse estudo concluiu que o benefício positivo na produção foi superado pelos custos da utilização do produto, ou seja, os gastos com a compra, despesas médicas e custo de oportunidade, referentes ao período de convalescência, ou seja, os produtores obtiveram um benefício negativo com a utilização desse produto. Um exemplo numérico desse resultado é o fato dos produtores terem um lucro maior em 492 pesos após a aplicação de duas doses dos agroquímicos. Entretanto os custos com a saúde aumentaram em 795 pesos, tendo um benefício negativo de 273 pesos.

O autor também relacionou problemas na saúde com alguns indicadores de exposição a defensivos e encontrou resultados com alta correlação entre os indicadores e os efeitos nocivos à saúde. Um aumento na utilização de inseticidas de uma para duas aplicações por safra aumentou a probabilidade de ocorrer problemas nos olhos em cerca de 22%. Já com relação aos problemas de pele, a probabilidade de ocorrência aumentou em 30% para os trabalhadores que faziam uma aplicação por safra, que se elevava para 50% para os que faziam duas aplicações. Quanto a incidência de problemas gastrointestinais o estudo indicou que ela está positivamente correlacionada com a exposição aos agroquímicos, sendo que aumentos de



uma dose de herbicida para duas e três, elevaram a probabilidade, respectivamente, de anomalias gastrointestinais em 85% e 167%, respectivamente.

Soares (2002) realizou um estudo relativamente similar ao de ANTLE e PINGALI (1994), no qual analisou o custo-benefício do uso de agroquímicos em Minas Gerais, levando em conta os custos decorrentes dos tratamentos por intoxicação do trabalhador rural. Esse custo foi calculado através da soma do gasto com a compra do produto e com as despesas com tratamentos necessários - computados a partir dos dias de ausência da atividade de trabalho, compras medicamentos e internação hospitalar - após a intoxicação do trabalhador rural. Já o benefício foi calculado através da estimativa de perdas de colheita, evitadas pela aplicação do produto.

Em Soares (2002), os autores avaliaram que os recursos gastos com a saúde são considerados no processo de decisão do produtor, sendo negativo o benefício líquido de usar agroquímicos anticolinesterásicos em alguns tipos de cultura, se comparado com o sistema não convencional de produção. Foi levantado que os custos com tratamentos médicos após intoxicações representam, respectivamente, 42%, 25% e 25% do benefício de usar agrotóxicos para as culturas de abobrinha, feijão e milho. E concluiu-se que o uso de defensivos agrícolas e suas conseqüências para o meio ambiente e para a saúde do trabalhador demonstram a necessidade de investigação dos reais benefícios trazidos por esses produtos no Brasil.

O trabalho realizado por Crissman (1994) em plantações de tomate no Equador entre junho de 1991 e maio de 1992 constatou 50 casos de intoxicação por agroquímicos. Dos 50 casos, 33 foram decorrentes da exposição ocupacional, 9 decorreram de exposição acidental e 8 foram tentativas de suicídio. Entretanto o dado mais relevante do trabalho é que dos 33 casos de intoxicação ocupacional, 22 agricultores perderam, em média, 4,5 dias de trabalho por indivíduo. Crissman estimou que 10 dólares/indivíduo de renda média foram perdidos no período e o custo do tratamento privado foi de 18 dólares/caso. Além disso, exames clínicos demonstraram que 93% dos trabalhadores em contato direto com os agroquímicos apresentaram problemas de pele.

Outro estudo que exemplifica casos de intoxicações e consequente redução na produtividade foi realizado com 1479 trabalhadores rurais localizados nos municípios de Antônio Prado e Ipê, na Serra Gaúcha, por Faria (2004), e constatou que 16% dos acidentes de trabalho ocorridos foram provocados por intoxicação por defensivos agrícolas, ou seja, 23 casos dentre 145 trabalhadores com algum tipo de acidente de trabalho. Logo, tem-se que ao menos 2% dos 1005 agricultores que manipulavam agrotóxicos tiveram intoxicação e 80% dos casos ocorreram entre os meses de outubro e janeiro. Do total dos 23 casos de intoxicação, 80% foram considerados leve-moderado e 20% como grave, mas sem risco imediato para a vida do trabalhador. Já com relação ao impacto na produtividade, 32,0% dos intoxicados interromperam o trabalho de um a sete dias, 12,0% de 8 a 15 dias e 4,0% por mais de 15 dias. Os restantes 52,0% não pararam o trabalho, apenas passaram a realizar atividades mais leves.

Ainda segundo Faria (2004), os fungicidas são os principais produtos responsáveis por intoxicações humanas (com 28% dos casos), grupo seguido de herbicidas (16%), inseticidas/formicidas (8%) e produtos veterinários (também com 8%). Em 20% dos casos não foi identificado o produto causador da intoxicação e em 16% dos casos houve envolvimento de dois ou mais produtos simultaneamente. Entre os fungicidas destacaram-se os ditiocarbamatos (que de forma isolada ou associada estão incluídos em 28% dos casos) e entre os herbicidas os principais produtos identificados foram o glifosate (16% das intoxicações) e o paraquat (8% dos casos).

Em 48% dos casos, o tratamento foi exclusivamente caseiro e em 20% foi necessário buscar assistência hospitalar. Em 17% dos casos a pessoa intoxicada permaneceu com alguma seqüela em consequência da intoxicação ocorrida. Em apenas um acidente foi emitida a Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT).

É importante ressaltar que nenhum destes casos de intoxicações foi notificado ao SINITOX (Centro de Informações Toxicológicas – Rio Grande do Sul). Também não se teve registro de óbito decorrente de intoxicações por agrotóxicos. Entre os entrevistados, 12% relataram pelo menos um episódio de intoxicação ao longo de sua vida. Os diagnósticos foram estabelecidos por médicos em 58% dos casos, pelo próprio entrevistado em 36% e por outras

pessoas em 6% dos casos. Comparando com a entrevista original, o controle de qualidade demonstrou boa concordância ( $\kappa = 0,66$  para intoxicações) e uma maior proporção de intoxicações.

O estudo realizado na Serra Gaúcha encontrou uma associação entre intoxicações por agrotóxicos e a ocorrência de dois tipos de problemas de saúde de evolução prolongada: transtornos psiquiátricos menores e sintomas respiratórios. Embora apresente limitações de causalidade reversa (viés de memória e de informação) os resultados do estudo fortalecem a hipótese de que, além do quadro agudo, a intoxicação por agrotóxicos pode afetar a saúde a médio e longo prazo. Ou seja, o dano causado pela intoxicação aguda poderia produzir consequências tardias, nem sempre mensuráveis através dos exames comumente utilizados.

### **3.2.3. Políticas de controle do uso de agroquímicos**

No trabalho de ANTLE e PINGALI (1994) foram realizadas simulações de políticas e os autores acabaram por chegar a resultados indicativos da interação entre saúde do trabalhador e produtividade. O resultado de uma dessas políticas, imposição de taxas sobre os agroquímicos, mostrou que ocorreu uma diminuição da produtividade agrícola devido à diminuição de sua utilização e, em contra partida, os impactos positivos na saúde do agricultor aumentaram a produtividade do trabalho e acabaram por superar as perdas decorrentes da diminuição da produtividade.

Nesses casos, segundo Soares (2005) os mecanismos de regulação, sejam eles econômicos ou não, são instrumentos eficazes no combate ao uso indiscriminado do agroquímico, podendo-se inferir que o uso da tecnologia transgênica seria uma das maneiras de reduzir a utilização dos mesmos, uma vez que tendem preencher o desvio custo social – custo privado através da redução dos incentivos de socialização dos custos privados.

Com a utilização do milho Bt, pode-se pressupor que os impactos sejam positivos devido à redução do uso dos agroquímicos. O milho transgênico, além de manter a produtividade similar à produtividade média da cultura do milho convencional (com a utilização de herbicidas e inseticidas), e, em alguns casos superá-la, reduziria as despesas

médicas dos produtores e evitaria a perda de custo de oportunidade (período no qual o produtor fica afastado da produção decorrente de intoxicações).

### **3.2.4 Discussão adicional sobre os impactos dos agroquímicos**

Em 2009, segundo dados do Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (Panorama das Intoxicações e Envenenamentos Registrados no Brasil pelo Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas, SINITOX), os agroquímicos foram responsáveis por 5,27% das intoxicações e 42,08% dos óbitos por intoxicações. Segundo Faria (2006), a avaliação realizada sobre vários sistemas oficiais de informação, responsáveis pelas notificações dos casos de intoxicações, concluiu que nenhum dos sistemas avaliados responde de forma adequada ao papel de sistema de vigilância, registrando-se apenas os casos agudos e mais graves.

O estudo realizado por Moreira (2002), que aborda o impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana, merece a atenção da comunidade científica em todo o mundo, sobretudo nos países em desenvolvimento. Esse estudo estima o consumo de agrotóxicos na região sudeste do Brasil em 12kg/trabalhador/ano. Sendo que, em algumas áreas agrícolas do Estado do Rio de Janeiro, como na região da Microbacia do Córrego de São Lourenço, Nova Friburgo, o consumo de agrotóxico foi estimado em 56kg/trabalhador/ano. Tem-se que altos níveis de contaminação humana e ambiental, decorrentes do uso excessivo de agroquímicos, foram encontrados nesta região.

A avaliação do impacto sobre a saúde humana implica o conhecimento e a visualização da importância/magnitude relativa de cada uma das vias de contaminação. Inúmeros fatores, que, em geral, encontram-se interrelacionados, contribuem para a situação encontrada na Microbacia do Córrego de São Lourenço e a forma mais adequada de se avaliar toda a dimensão deste problema é o uso de uma abordagem integrada.

Moreira conclui que o trabalho rural é realizado majoritariamente por homens. Verificou que o nível de escolaridade está melhorando, bem como alguns cuidados básicos para proteção individual. Entretanto, identificou que ainda há falta de treinamento e de

orientação para lidar com os agroquímicos, que, por consequência, levam a intoxicações e contaminações.

No trabalho de Faria (2004) foi constatado que mais de 35% dos trabalhadores rurais não utilizavam equipamentos como luvas, máscaras e/ou roupas de proteção. Sendo que o uso dos equipamentos de proteção era mais frequente entre os homens com escolaridade média de 5 a 8 anos, enquanto o grupo sem escolaridade era o que menos utilizava estes equipamentos. A situação é similar no caso dos agricultores mais idosos. Segundo o autor, os trabalhadores com acesso a orientações técnicas para práticas agrícolas estão relacionados a maior utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) específico para proteção química. O uso do EPI era menor entre os empregados do que entre os proprietários/produtores. Os trabalhadores rurais que mais utilizavam EPI trabalhavam em estabelecimentos com uma maior renda bruta de produção, maior nível de mecanização e com maior jornada de trabalho agrícola. De maneira geral, para a maioria das formas de exposição, o uso de todos os EPI crescia linearmente conforme aumento da exposição.

Em Minas Gerais, os trabalhadores que não usavam medidas de proteção eram aqueles que estavam laboratorialmente mais intoxicados. A associação, encontrada no estudo de FARIA (2004), entre uso de luvas e aumento na taxa de intoxicação, pode refletir causalidade reversa, ou seja, as pessoas passariam a se proteger mais após uma intoxicação. Além disto, o uso de EPI apresentou-se como uma espécie de marcador, sendo mais utilizado por pessoas com exposição química mais intensa.

Dessa forma, pode-se concluir que os prejuízos dos agroquímicos, derivados da sua utilização de forma inadequada, ultrapassam o campo econômico e ganham uma dimensão social. Ao afetar a saúde humana, acaba por demandar verbas públicas e privadas para o atendimento médico-hospitalar. É fato comprovado que os trabalhadores rurais acabam por não tomar as devidas precauções por dois motivos principais, a falta de conhecimento técnico a respeito da utilização dos equipamentos de segurança e a negligência por parte do produtor.

De uma maneira geral há um consenso por parte dos autores das pesquisas realizadas, de que a redução da quantidade de agrotóxicos, se não gera uma elevação no lucro, trás, no mínimo, uma elevação do benefício-social. Mas há casos nos quais a diminuição do uso do agroquímico, apesar de diminuir a produtividade, permite um maior lucro líquido ao produtor rural, pois a relação entre menor produção e menor gasto com saúde é positivo. Portanto, pode-se inferir que o uso de sementes de milho Bt, que na maioria dos casos mantém a produção igual a com utilização de agroquímicos e, em alguns eleva a produção, pode elevar ainda mais o lucro líquido do produtor. O aumento desse lucro se daria através da produção igual ou superior à obtida com a utilização de agroquímicos, uma redução nos gastos com saúde e um menor período de inatividade do trabalhador decorrente de possíveis períodos de recuperação pós-intoxicação.

### **3.2.5 Impactos dos agroquímicos na saúde do agricultor brasileiro: DALY**

Para realizar uma valoração dos impactos dos defensivos agrícola na saúde humana foi utilizado o DALY (Disability-Adjusted Life Years), que é considerado o melhor método para avaliar quantidade de anos perdidos, seja por morte ou por deficiências decorrentes de doenças, nesse caso ele foi utilizado para calcular uma estimativa o número de anos perdidos por intoxicações por agroquímicos no Brasil.

Para esse cálculo foram utilizadas duas fontes de dados em paralelo, que registram as quantidades de intoxicações externas e óbitos no país. Essas fontes são o SINITOX (Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas) e o SINAN (Sistema de Informação de Agravos de Notificação). Ambas as bases trazem informações diferentes a respeito da quantidade de intoxicações, óbitos, faixa etária e sexo. Além disso, ambas não disponibilizam uma visão mais detalhada a respeito do agravo na saúde ocorrida após as intoxicações.

O Sinitox é atualmente composto por 36 Centros de Informação e Assistência Toxicológica (CIT), localizados em 19 estados brasileiros, e também no Distrito Federal. Ele apresenta uma base de dados com aproximadamente 170 óbitos e 5200 casos de intoxicações

por agrotóxicos de uso agrícola no ano de 2009. Entretanto, a Tabela 2 indica que, apesar do Brasil registrar 5200 casos de intoxicações, cerca de 49% dos casos de intoxicação por agrotóxicos são resultados de tentativas de suicídios, aborto ou homicídio. Isso acaba por reduzir significativamente a base de dados, pois o uso de sementes transgênicas não afeta esse número.

Tabela 2. Evolução das intoxicações por agrotóxicos (SINITOX)

Evolução	Cura	Cura não Confirmada	Seqüela	Óbito	Óbito outra Circunstância	Outra	Ignorada	Total	
Agente	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	%
Norte	27	22	-	1	-	-	7	57	
Nordeste	694	57	5	59		27	43	885	1,1
Sudeste	1450	78	5	36		342	515	2428	17,01
Sul	322	511	4	29	-	5	187	1058	46,66
Centro - Oeste	638	49	4	45	1	19	20	776	20,33
Total	3131	717	18	170	3	393	772	5204	14,91
	60,17	13,78	0,35	3,27	0,06	7,55	14,83	100	100

Fonte: SINITOX 2009.

Por fim, não foi possível realizar um cálculo mais acurado do DALY, pois foi necessário realizar algumas ponderações durante o cálculo. Isso ocorreu em função das informações do SINITOX apresentarem uma grande variedade de informações a respeito das intoxicações para um ano específico, como faixa etária, divisão por causas de intoxicação (agrotóxicos, produtos químicos, medicamentos, entre outros), sexo e evolução da intoxicação (cura, seqüela e óbitos), as quais não são disponibilizadas de forma cruzada. Outro detalhe é que essas informações não são disponibilizadas através de séries históricas, sendo divulgados os dados dos diversos anos em análise separadamente. Logo, é possível saber quantas intoxicações por agrotóxicos de uso agrícola foram causadas por acidente de trabalho (individual, coletivo e ambiental), erro de administração, ocupacional, ingestão de alimentos contaminados e uso indevido, porém não é possível saber a faixa etária dos indivíduos que sofreram essas intoxicações e nem seus sexos. Assim, a base de dados referente à quantidade de intoxicações (excluindo tentativas de suicídio, homicídio e aborto) foi ponderada de acordo com a proporção de intoxicações por sexo e por faixa etária.

Foi também calculado o YLD (Anos vividos com incapacidade), de acordo com os sintomas e sequelas mais comuns decorrentes das intoxicações, citados anteriormente, por meio do tempo médio de duração dos sintomas que não deixam sequelas mais graves e do grau de seqüela dos agravos na saúde. Para ambas as bases (SINITOX e SINAN) foi utilizada a Tabela 1 (Apreciação da incapacidade dos indivíduos: grau, peso, condição – índice), que traz os pesos aplicáveis a cada grau de incapacidade sofrida por um indivíduo seja ela permanente ou temporária. Portanto após o cálculo do YLL e do YLD através dessas ponderações, chegou-se a uma estimativa dos anos de vida perdidos.

Já a base de dados disponibilizada pelo SINAM tradicionalmente era direcionada para a coleta de dados para doenças transmissíveis, entretanto nos últimos anos o sistema vem sendo utilizado para alguns agravos não transmissíveis. Essa base é menos completa que a do SINITOX, apresenta apenas 2700 casos de intoxicações provocadas por agroquímicos, sendo que restaram apenas 1658, após as intoxicações provocadas por tentativas de suicídio, homicídio e abortos serem eliminadas.

Entretanto o cálculo do DALY nesse caso foi mais acurado, pois a base de dados do SINAN permite a utilização de diversos filtros que permitem selecionar as informações de acordo com a causa, faixa etária, sexo, evolução do agravo entre inúmeras outras opções. Entretanto ainda foi necessário fazer uma estimativa no cálculo do YLD, pois essa fonte de informação não abre as informações por sintomas e sequelas específicas. Essa estimativa seguiu o mesmo método adotado, nessa parte do cálculo, utilizado para calcular o DALY a partir dos dados do SINITOX.

Para calcular as expectativas de vida foi utilizada a Tabela 3 de Murray e Lopez (1996) que nos traz a expectativa de vida dos indivíduos para cada faixa etária e por sexo. Essa tabela também traz a expectativa de vida separada entre a original, que não utiliza a taxa de desconto dos anos de vida futuro, e a expectativa de vida com desconto, que traz a valor presente a expectativa de vida das pessoas. Dando assim aos os anos que estão por vir um peso inferior, aos anos já passados a ao tempo presente. Os cálculos foram realizados, em separado, tanto considerando a esperança de vida sem taxa de desconto e a com a taxa de desconto.



Tabela 3. Esperanças de vida com e sem taxa de desconto, por sexo, utilizadas no estudo da carga de doença

Idade	Esperança de vida Sem taxa de desconto		Esperança de vida Com taxa de desconto	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
0	80,00	82,50	30,31	30,53
5	75,38	77,95	29,86	30,12
10	70,40	72,99	29,30	29,60
15	65,41	68,02	28,65	29,00
20	60,44	63,08	27,90	28,31
25	55,47	58,17	27,02	27,51
30	50,51	53,27	26,01	26,59
35	45,57	48,38	24,84	25,53
40	40,64	43,53	23,48	24,30
45	35,77	38,72	21,93	22,90
50	30,99	33,99	20,18	21,31
55	26,32	29,37	18,20	19,52
60	21,81	24,83	16,01	17,51
65	17,50	20,44	13,61	15,28
70	13,58	16,20	11,15	12,83
75	10,17	12,28	8,76	10,27
80	7,45	8,90	6,67	7,81
85	5,24	6,22	4,85	5,67

Fonte: Murray e Lopez (1996)

### Cálculo do YLL - SINITOX

Na base do SINITOX temos um total de 22 óbitos que são decorrência de intoxicações por agroquímicos. Para o cálculo do YLL (Anos de Vida perdidos por morte prematura) foi necessário estimar quantas dessas mortes seriam do sexo masculino e quantas seriam do sexo feminino. Logo foi utilizado a porcentagem de óbitos por sexo decorrentes de todas as causas de intoxicações do Anexo 2, cerca de 74% do óbitos são de homens e apenas 26% de mulheres. Ao ponderarmos os 22 óbitos com essas porcentagens chega-se a 16,3 óbitos atribuídos ao sexo masculino e 5,7 ao feminino.

Após essa ponderação foi realizada uma nova ponderação, a partir da tabela de óbitos por faixa etária (Anexo 1), para estimar a quantidade de óbitos por faixa etária. Por fim foi calculada a quantidade de anos de vida perdido de acordo com a Tabela 3, para ambos os

sexos separadamente e com e sem taxa de desconto de anos futuros perdidos. O resultado dos anos de vida perdidos está abaixo, na Tabela 4.

Tabela 4 – YLL – Anos de Vida perdidos por morte prematura (SINITOX)

Faixa Etária	Sem Taxa de Desconto		Com Taxa de Desconto	
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
0-14	26,0	9,4	11,1	3,9
15-19	78,5	28,5	35,3	12,5
20-29	186,2	71,1	90,6	32,7
30-39	113,6	44,2	61,8	22,7
40-49	130,5	52,3	79,7	30,0
50-59	32,9	13,8	22,6	8,9
60-69	32,1	14,4	24,8	10,4
YLL Parcial	599,9	233,8	325,8	121,2
YLL Total		833,7		447,0

Fonte: resultados do estudo.

#### Cálculo do YLD - SINITOX

Já o cálculo do YLD consistiu em realizar as mesmas ponderações, com a diferença dessas terem como base as tabelas com as informações a respeito das intoxicações e não dos óbitos e uma ponderação a mais que separou as intoxicações que causaram agravos temporários daquelas que deixaram algum tipo de sequelas permanentes. Assim o YLD foi calculado separadamente para as doenças que não deixaram sequelas e para as que deixaram sequelas.

Para as que não deixaram sequelas foram consideradas os sintomas mais comuns decorrentes de intoxicações (diarréia, dificuldade de respiração, hemorragia, náusea/vômito) e outra não tão comum que é a paralisia reversível. Foi suposto que todos esses sintomas ocorreriam em todos os intoxicados, pois em nenhuma das duas bases de dados é discriminado os sintomas ou sequelas, com exceção da paralisia reversível que ocorreria em apenas 10% da amostra, e que a diarréia, a dificuldade de respiração e a náusea/vômito durariam 7 dias enquanto a hemorragia duraria 3 dias e a paralisia duraria 120 dias. Após os cálculos chega-se ao Tabela 5, onde se observa que a quantidade de anos perdidos é bem menos significativa se

comparada com a tabela de anos de vida perdidos por morte prematura; tal fato ocorre, pois as sequelas são temporárias, afetando a vida do indivíduo por um curto espaço de tempo, e os pesos de cada uma dessas sequelas temporárias são, em sua maioria, pequenos se comparados com as sequelas mais graves e que normalmente são permanentes.

Tabela 5 – YDL – Anos vividos com incapacidade - Sem Sequela (SINITOX)		
YDL Sem Sequela		
Sintomas/Agravo		YLD
Diarréia		5,7
Dificuldade de Respiração		5,7
Hemorragia		8,2
Náusea/Vômito		5,7
Paralisia Reversível		49,1
Total YLD		74,5

Fonte: resultados do estudo.

O cálculo do YLD dos agravos que deixaram sequelas foi calculado separadamente para homens e mulheres, pois as expectativas de vida são diferentes para ambos os sexos e tal informação é necessária nesse cálculo. Foi estimado uma idade média para a ocorrência das sequelas de acordo com a tabela do Anexo 2, pois essa informação não encontra-se disponível. Ainda foram ponderados os pesos das sequelas pela probabilidade de ocorrer apenas uma das sequelas mais graves e permanentes e chegando-se a uma estimativa de peso de 0,527 para as sequelas de maneira geral. Foi considerado como agravos prováveis a infertilidade, retardo mental moderado, cegueira e demência e em seguida realizada a média dos pesos desses agravos. Por fim foram calculados em paralelo o YLD com taxa de desconto e sem taxa de desconto para as expectativas de vida utilizadas. Na Tabela 6 são apresentados os resultados desses cálculos.

Tabela 6 - Anos vividos com incapacidade – Com Sequela (SINITOX)		
YLD		
	Com Sequelas sem taxa de desconto	Com Sequelas com taxa de desconto
Homens	256,1	143,5
Mulheres	163,3	88,5
Total YLD	419,4	232,1

Fonte: resultados do estudo.

#### Cálculo do DALY - SINITOX

Por fim temos o cálculo do DALY que é a soma do YLL e do YLD. Ao fazermos essa adição chegamos aos resultados dos anos de vida perdidos decorrentes de intoxicações, de acordo com as informações coletadas no SINITOX, apresentados no Tabela 7.

Tabela 7 – DALY - Disability-Adjusted Life Years (SINITOX)		
	DALY	
	Sem Taxa de Desconto	Com Taxa de Desconto
YLL	833,7	447,0
YLD sem sequela	74,4	74,4
YLD com sequela	419,4	232,1
DALY	1327,6	753,5

Fonte: resultados do estudo.

#### Cálculo do YLL - SINAN

O cálculo do YLL e dos demais componentes do DALY é bem mais fácil de ser realizado com as informações disponibilizadas pelo SINAN, além não ser necessário usar ponderações para o cálculo, pois a informação já é disponibilizada por faixa etária, sexo entre outros filtros.

Para o cálculo dos anos de vida perdidos por morte prematura foram considerados 28 óbitos, sendo 25 de indivíduos do sexo masculino e três do feminino, sendo esses óbitos também separados de acordo com a sua faixa etária, o que permite calcular de

forma mais acura a expectativa de vida restante desse indivíduo. Como no cálculo realizado para as informações do SINITOX, os anos de vida perdidos foram calculados tanto com a taxa de desconto de Murray e Lopes (2006) quanto sem. Os resultados obtidos são apresentados no Tabela 8.

Tabela 8 – YLL – Anos de Vida perdidos por morte prematura (SINAN)				
YLL				
Faixa Etária	Sem taxa de Desconto		Com taxa de Desconto	
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
01-04	77,7	-	30,1	-
10-14	68,0	-	29,0	-
20-39	454,6	48,4	223,0	24,9
40-59	310,0	34,0	181,3	20,4
60-64	-	22,6	-	16,4
65-69	41,2	-	33,5	-
70-79	10,4	-	8,9	-
YLL Parcial	961,7	105,0	505,7	61,7
YLL Total		1066,8		567,5

Fonte: resultados do estudo.

#### Cálculo do YLD - SINAN

O YLD foi novamente calculado separadamente para os casos de intoxicações sem sequelas e para os casos com sequelas, sendo que para os casos com sequelas foi calculado em paralelo com o uso de taxa de desconto para os anos não vividos e sem taxa de desconto.

Para os casos que não apresentaram sequelas, foram utilizados os mesmos sintomas e pesos para cada sintoma apresentado, bem como considerando que todos esses sintomas ocorreriam em todos os indivíduos intoxicados, com exceção da paralisia reversível que ocorreria em apenas 10% da amostra, e que a diarreia, a dificuldade de respiração e a náusea/vômito durariam 7 dias, enquanto a hemorragia duraria 3 dias e a paralisia 120 dias.

Após o cálculo chega-se aos resultados apresentados no Tabela 9, onde se observa um total de YLD inferior ao calculado no SINITOX devido à base de dados ser menor.

Tabela 9 – YLD – Anos vividos com incapacidade	
YDL Sem Sequela	
Sintomas/Agravo	YLD
Diarréia	3,7
Dificuldade de Respiração	3,7
Hemorragia	5,3
Náusea/Vômito	3,8
Paralisia Reversível	32,1
<b>Total YLD</b>	<b>48,6</b>

Fonte: resultados do estudo.

No cálculo do YLD com sequelas permanentes novamente foram utilizadas as mesmas suposições, as quais são: probabilidade igual de uma das quatro sequelas ocorrerem e utilização de um peso médio de incapacidade dessas doenças. Após os cálculos tanto com e sem taxa de desconto para anos ainda não vividos chega-se aos resultados apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Anos vividos com incapacidade – Com Sequela (SINAN)		
YLD		
	Com Sequelas sem taxa de desconto	Com Sequelas com taxa de desconto
Homens	581,9	301,1
Mulheres	140,5	70,1
<b>Total</b>	<b>722,4</b>	<b>371,2</b>
<b>YLD</b>		

Fonte: resultados do estudo.

#### Cálculo do DALY - SINAN

Por fim foi calculado o DALY das intoxicações por agroquímicos de uso agrícola de acordo com as informações do SINAN. O resultado desse cálculo, na Tabela 11, indicou

maior número de anos perdidos, ao utilizar a base do SINAN, apesar da quantidade intoxicações ser inferior, em função da melhor qualidade das informações divulgadas.

Tabela 11 – DALY - Disability-Adjusted Life Years (SINAN)

	DALY	
	Com Sequelas sem taxa de desconto	Com Sequelas com taxa de desconto
YLL	1066,7	567,5
YLD sem sequela	48,6	48,6
YLD com sequela	722,4	371,2
<b>DALY</b>	<b>1837,8</b>	<b>987,3</b>

Fonte: resultados do estudo.

#### 4. CONCLUSÃO

Atualmente o Brasil é um dos maiores utilizadores dos defensivos agrícolas no mundo. De acordo com os dados do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola (SINDAG) foram comercializadas em 2010 cerca de 790.790 t, correspondente a 342.593 t de princípio ativo. Desse total, 44% dos defensivos utilizados são destinados às lavouras de soja e apenas 5% à produção de milho safra e 4,3% de milho safrinha.

Logo, ao ponderarmos o número de anos de vida perdidos (DALY's) pela quantidade de agroquímicos utilizados na produção de milho convencional, que representa 9,3% do volume total de agroquímicos utilizados na produção agrícola brasileira, chega-se à Tabela 12, a qual demonstra que os anos de vida perdidos em decorrência de intoxicações por agroquímicos durante a produção de milho no Brasil podem chegar a 170 anos, ao considerarmos as bases do SINAN.

Tabela 12 – DALY - Disability-Adjusted Life Years para a produção de milho no Brasil

	SINITOX		SINAN	
	Sem Taxa de Desconto	Com Taxa de Desconto	Sem Taxa de Desconto	Com Taxa de Desconto
YLL	77,5	41,6	99,2	52,8
YLD sem sequela	6,9	7,0	4,5	4,5
YLD com sequela	39,0	21,6	67,2	34,5
DALY	123,5	70,1	170,9	91,8

Fonte: resultados do estudo.

Entretanto, a conclusão de FARIA (2007) a respeito dos sistemas oficiais de informação quanto à intoxicação por agroquímicos é a de que esses bancos de dados apresentam inúmeras limitações, sendo necessária cautela na interpretação dos mesmos. As principais limitações são: a dificuldade de caracterizar a exposição crônica aos agroquímicos,



a dificuldade de captar informações sobre o efeito crônico, a grande maioria dos casos que não são intoxicações agudas não são notificados a nenhum dos sistemas de oficiais de coleta de dados e por fim muito dos indivíduos intoxicados não sabem que existem sistemas específicos que devem ser avisados quando ocorre uma intoxicação, muito menos a importância de comunicar a esses órgãos.

Assim, as bases de dados utilizadas nesse estudo apresentam valores subestimados, sendo os casos de intoxicação por defensivos agrícolas superiores ao número utilizado para o cálculo do DALY. Apesar de esse número ser subestimado, conclui-se que a quantidade de DALY's calculados só pode ser superior aos números aqui apresentados. Essa metodologia utilizada é uma das mais abrangentes para a avaliação de impactos na saúde, sendo que em futuros desdobramentos deveriam ser considerados os valores econômicos dessas perdas.

Portanto o uso das sementes de milho bt possui um grande potencial para causar um maior impacto positivo na saúde dos trabalhadores rurais brasileiros por diminuir a quantidade de agroquímicos utilizados durante o processo produtivo. Outro ponto a se destacar é o consumo de alimentos com resíduos de defensivos agrícolas, que muito provavelmente não causarão uma intoxicação aguda, mas podem trazer diversas sequelas devido a intoxicações crônicas. Assim, apesar de muito se falar dos males dos transgênicos, muitas pessoas se esquecem que um dos principais objetivos dessas novas variedades de sementes é justamente reduzir os impactos negativos na vida da população.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA FILHO, N.; O conceito de saúde: ponto-cego da epidemiologia? Salvador, BA, 2000.

ANTLE, J. M. & PINGALI, P. L., 1994. Pesticides, productivity, and farmer health: A Philippine case study. *American Journal of Agricultural Economics*

ARAUJO, A.C.; NOGUEIRA, D.P.; AUGUSTO, L.G. Impacto dos praguicidas na saúde: estudo da cultura de tomate. *Rev. Saúde Pública*, 2000; 34 (3): 309-313.

ÁVILA, A. F. D.; RODRIGUES, G. S.; VEDOVOTO, G. L. Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa. Brasília: Embrapa Informação Tecnologia, 2008.

BARENDREGT, J.J.; VAN OORTMARSSSEN, G.J, VOS, T.; MURRAY, C.J.L.; A Generic Model for the Assessment of Disease Epidemiology: The Computational Basis of DisMod II. *Population Health Metrics*, 2003.

BARRETO, C. A. Os Impactos Socioambientais do Cultivo de Soja no Brasil. [04 de abril de 2010]. Disponível em:

[http://www.anppas.org.br/encontro\\_anual/encontro2/GT/GT05/clarissa\\_barreto.pdf](http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT05/clarissa_barreto.pdf)

FERREIRA FILHO, J.B.S.; ALVES, L.R.A.; BALAMINUT, C.E.C.; OSAKI, M.; RIBEIRO, R.G.; Avaliação Econômica de Milho Geneticamente Modificado Resistente a Insetos – MON89034 e MON810. 47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre : SOBER, 2009.

BRASS, W. (1975) Methods for estimating fertility and mortality from limited and defective data. The University of North Carolina at Chapel Hill, International Program of Laboratories for Population Statistics, 1975 (an occasional publication)

CÉLERES. Your agribusiness intelligence. [21 de novembro de 2011] .Disponível em: <http://www.celeres.com.br/1/index.html>

COALE, A.; GUO, G.. Revised regional model life tables at very low levels of mortality. *Population Index* 55 (4):613-643, 1989.

COALE A. J.; TRUSSELL, J. “Model fertility schedules: variations in the age structure of childbearing in human populations”. *Population Index*, vol.40. No.2, 1977

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira. Grãos. Safra 2010/2011. Segundo Levantamento. Novembro de 2011. [21 de novembro de 2011].

Disponível em:

[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_11\\_09\\_15\\_03\\_02\\_boletim\\_2o\\_levantamento\\_safra\\_2011\\_12.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_11_09_15_03_02_boletim_2o_levantamento_safra_2011_12.pdf)

CRISSMAN Chales C., COLE C. Donald, and CARPIO Fernando. Pesticide Use and Farm Worker Health in Ecuadorian Potato Production. *American Agricultural Economics Association*, vol. 76, Agosto 1994, 593-597.

DEMONT, M., RODENBURG, J., DIAGNE M., DIALLO, S. Ex ante impact assessment of herbicide resistant rice in the Sahel. *Crop Protection*, n. 28, 2009, p. 728–736.  
doi:10.1016/j.cropro.2009.05.012

FARIA, N.M.X; FASSA, A.G; FACCHINI, L.A. Intoxicação por agrotóxicos no Brasil: os sistemas oficiais de informação e desafios para realização de estudos epidemiológicos. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12(1):25-38, 2006.

FARIA, N.M.X; FASSA, A.G; FACCHINI, L.A.; TOMASI, E. Trabalho rural e intoxicações por agrotóxicos. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 2004.

FARIAS, J. R.; COSTA, E. C. Plantas transgênicas e o impacto ambiental: o caso da soja resistente a glifosato. [04 de abril de 2010]. Disponível em: <http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-032.pdf>

FURTADO, A.; BIN, A.; BONACELLI, M. B. M.; PAULINO, S. R.; MIGLIO, M. A.; CASTRO, P. F. D. Evaluation of the results and impacts of a social-oriented technology program in Brazil: the case of PROSAB (a sanitation research program). **Research Evaluation**, v. 18, p. 289-300, 2009.

FURTADO, A. T.; SALLES-FILHO, S. Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura do Estado de São Paulo: métodos para avaliação de impactos de pesquisa. Relatório Final de Atividades. Programa Políticas Públicas/Fapesp. Departamento de Política Científica e Tecnológica, Unicamp. Mimeo.

Gadelha AMJ et al. (2002) Relatório Final do Projeto Estimativa da Carga de Doença do Brasil – 1998. Rio de Janeiro: ENSP/Fiocruz-FENSPTEC.

HAMMER, J.; Health research and decision making. In: Sayers B. *Health assessment: complexity, trends and opportunities*. Geneva: WHO Global Advisory Committee for Health Research; 1999.

HÄNI, F. J.; PINTÉR, L.; HERREN, H. R. Sustainable Agriculture: From common principles to common practice. Proceedings and outputs of the first Symposium of the International Forum on Assessing Sustainability in Agriculture (INFASA), Bern, Switzerland, March, 2006.

ISAAA - International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA) “A Situação Global das Lavouras Transgênicas Conferência Nacional”, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal (PAM). [02 de abril de 2010] Disponível em:  
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=11>

IEA – Instituto de Economia Agrícola. Defensivos Agrícolas: desempenho recorde em 2010 e expectativas de aumento nas vendas em 2011. [Acesso em Nov 2011]  
<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=12192>

IISD – International Institute for Sustainable Development; 11/2007 [Acesso em fev. 2011]. Disponível em:

<http://www.iisd.org/markets/sci/>

<http://www.iisd.org/standards/cosa.asp>

IRIAS, L. J. M.; RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C.; RODRIGUES, I.; BUSCHINELLI, C. C. Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental de Inovações Tecnológicas nos Segmentos Agropecuário, Produção Animal e Agroindústria (SISTEMA AMBITEC). 2004, 8 p. (Embrapa Meio Ambiente. **Circular Técnica**, 5).

JAIN, K. R.; URBAN, L. V.; STACEY, G. S.; BALBACH, H. E. **Environmental Assessment**. United States of America: McGraw-Hill, Inc., 1993, 524 p.

OLIVEIRA, L.R. de ; MELLO JORGE, Maria Helena Prado de ; GOTLIEB, S. L. D. . O Sistema de Informações sobre Mortalidade: problemas e propostas para o seu enfrentamento. In: Congresso de Epidemiologia, 2000, Salvador, 2000.

LEITE, I.C. A demanda por serviços de saúde e o dimensionamento e a definição do modelo de atenção à saúde. 2005.

LIND, R.C.; STIGLITZ, J.E.; WILSON, R.; DASGUPTA, P.; STOCKFISCH, J.A.. Discounting for time and risk in energy policy. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1982.

LYTTKENS, C. H. Time to Disable DALYs? On the Use of Disability-Adjusted Life Years in Health Policy [Setembro de 2003]

MARQUES, D.V.; VEDOVOTO, G.L.; AVILA, A.F.D. Avaliação de impactos econômicos, sociais e ambientais de tecnologias: a experiência da Embrapa no período 2001/2008. XLI SBPO, Pesquisa operacional na gestão do conhecimento, p. 427-439, 2009.

MODAK, P.; BISWAS, A. K. Conduction Environmental Impact Assessment for Developing Countries. United Nations University Press, 1999. 364 p.

MOREIRA, J. C.; JACOB, S. C. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. [2002] *Ciência & Saúde Coletiva* 7(2):299-311

MURRAY, C. J. L.; ACHARYA, A. K. Understanding DALYs. *Journal of Health Economics*, 16, 703-730, 1997.

MURRAY, C. J. L. Quantifying the burden of disease: the technical basis for DALYs. *Bulletin of the World Health Organization*, 72, p. 429-445, 1994.

MURRAY, C. J. L.; LOPEZ, A. D. The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020. Cambridge: Harvard School of Public Health, 1996.

MATHERS, C D.; LOPEZ, A. D.; MURRAY, C. J. L. The burden of disease and mortality by condition: data, methods and results for 2001. In: LOPEZ, A. D.; EZZATI, M.; JAMISON, D. T.; MURRAY, C.J. (Orgs.). *Global burden of disease and risk factors*. Washington: World Bank, 2006.

NORD, E., PINTO-PRADES J.L.; RICHARDSON J.; MENZEL P.; UBEL, P.A.; Incorporating societal concerns for fairness in numerical valuations of health programmes. *Health Economics* 8:25-39, 1999.

PRESTON, S., COALE, A.J., TRUSSELL, J., MAXINE, W. Estimating the completeness of reporting of adult deaths in populations that are approximately stable. *Population Studies*, vol. 46, n. 2, summer, 1980.

QAIM, M.; ZILBERMAN, D.; Yield effects of genetically modified crops in developing countries. *Science*, 2003.

RELATÓRIO ISAAA 2009: A situação global das lavouras transgênicas. [23 de Fevereiro de 2010]

RODRIGUES, G. S. Avaliação de Impactos Ambientais em Projetos de Pesquisas - Fundamentos, Princípios e Introdução à Metodologia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. 66 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 14).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. An environmental impact assessment system for agricultural R&D. *Environmental Impact Assessment Review* 23, pp. 219–244, 2003.

SALLES-FILHO, S. L. M.; ZACKIEWICZ, M. BONACELLI, M. B.; CASTRO, P. F.; BIN, A. Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia de Avaliação de Programas de Fomento C,T&I: Método de Decomposição. XII Seminário Latino-Iberoamericano de Gestão Tecnológica – ALTEC, 2007.

SCARM – Standing Committee on Agriculture and Resource Management. Sustainable Agriculture: Assessing Australia's Recent Performance, 1998, 150 p.

SILVA, J. M.; SILVA, E. N. Agrotóxico e trabalho: uma combinação perigosa para a saúde do trabalhador rural. [17 de Julho de 2005].

SILVEIRA, J. M. F. J. (2009) A agroindústria no Sistema de Biotecnologia e de Inovação tecnológica. in Zibetti e Barroso (2009), Agroindústria: uma análise no Contexto Socioeconômico e Jurídico Brasileiro. 1ª ed. EUD. cap 7, p125-139.

SOARES, W. Trabalho rural e fatores de risco associados ao regime de uso de agrotóxicos em Minas Gerais, Brasil. [10 de Abril de 2003]

VEGRO, C. L. R. ; FRONZAGLIA, T.; VEIGA FILHO, A. A. Avaliação de Impactos na Gestão em Função da Adoção da Tecnologia de Descascamento do Café Cereja. XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Brasília : SOBER, 2007a.

VEGRO, C. L. R. ; FRONZAGLIA, T.; VEIGA FILHO, A. A. Avaliação de impactos ambientais da tecnologia de descascamento do café cereja. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2007, Águas de Lindóia. Anais do Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2007b.

VEGRO C. L. R., FRONZAGLIA T., VEIGA FILHO, A. A. Impactos econômicos da tecnologia do café cereja descascado. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 26, n. 1/3, p. 93-113, jan./dez. 2009.

VEIGA, M. M. Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental. [27 de julho 2006].

WASCHER, D. M. Agri-environmental Indicators in Europe. Tilburg: European Centre for Nature Conservation (ECNC Publication Technical report series), 2000, 242 p.

## ANEXOS

### Anexo 1 – Óbitos Por Faixa Etária (SINITOX)

Faixa Etária	< 1	1-4	5-9	10-14	15-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80 e +	Ign.	Total	
Agente	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	%
<b>NORTE</b>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,59
<b>NORDESTE</b>	-	1	-	3	7	12	13	8	4	6	3	2	-	59	34,71
<b>SUDESTE</b>	-	-	-	-	4	4	4	14	4	3	1	2	-	36	21,18
<b>SUL</b>	-	1	-	-	1	8	1	8	4	5	-	1	-	29	17,06
<b>CENTRO - Oeste</b>	-	6	-	-	1	11	8	8	1	5	4	1	-	45	26,47
<b>Total</b>	-	8	-	4	13	35	26	38	13	19	8	6	-	170	100
<b>%</b>	-	4,71	-	2,35	7,65	20,59	15,29	22,35	7,65	11,18	4,71	3,53	-	100	

Fonte: SINITOX 2009.

### Anexo 2 – Intoxicações Por Faixa Etária (SINITOX)

Faixa Etária	< 1	1-4	5-9	10-14	15-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80 e +	Ign.	Total	
Agente	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	%
<b>NORTE</b>	1	3	-	5	8	15	6	3	3	-	-	-	13	57	1,1
<b>NORDESTE</b>	3	43	12	36	128	284	184	122	31	22	10	4	6	885	17,01
<b>SUDESTE</b>	11	208	52	76	183	567	458	398	246	98	35	11	85	2428	46,66
<b>SUL</b>	2	82	17	22	98	238	203	189	117	56	18	3	13	1058	20,33
<b>CENTRO - Oeste</b>	7	68	6	28	64	229	161	106	54	32	10	3	8	776	14,91
<b>Total</b>	24	404	87	167	481	1333	1012	818	451	208	73	21	125	5204	100
<b>%</b>	0,46	7,76	1,67	3,21	9,24	25,61	19,45	15,72	8,67	4	1,4	0,4	2,4	100	

Fonte: SINITOX 2009.