

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Fábio Lucas Izaguirre Martins

**REFORMULAÇÃO DO CÁLCULO DO NÍVEL DE DANO  
ECONÔMICO DE INSETOS-PRAGA DA CULTURA DA SOJA**

Santa Maria, RS  
2018

**Fábio Lucas Izaguirre Martins**

**REFORMULAÇÃO DO CÁLCULO DO NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE  
INSETOS-PRAGA DA CULTURA DA SOJA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Engenharia Agroambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Engenharia Agrícola.**

Orientador: Prof. Dr. Jerson Vanderlei Carús Guedes

Santa Maria, RS  
2018

Martins, Fábio Lucas Izaguirre  
Reformulação do cálculo do nível de dano econômico de insetos-praga da cultura da soja / Fábio Lucas Izaguirre Martins.- 2018.  
93 p.; 30 cm

Orientador: Jerson Vanderlei Carús Guedes  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2018

1. Nível de Dano Econômico 2. Pragas da soja 3. Modelagem do NDE I. Guedes, Jerson Vanderlei Carús II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

---

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a Fábio Lucas Izaguirre Martins. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

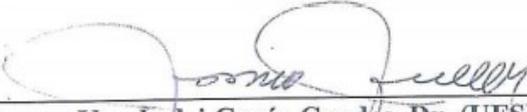
E-mail: [fabiolucasimartins@gmail.com](mailto:fabiolucasimartins@gmail.com)

**Fábio Lucas Izaguirre Martins**

**REFORMULAÇÃO DO CÁLCULO DO NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE  
INSETOS-PRAGA DA CULTURA DA SOJA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Engenharia Agroambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Engenharia Agrícola**.

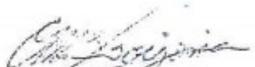
**Aprovada em 09 de julho de 2018:**

  
\_\_\_\_\_  
**Jerson Vandeylei Carús Guedes, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

**JONAS ARNEMANN**  
\_\_\_\_\_  
**Jonas André Arnemann, Dr. (UFSM)**

  
\_\_\_\_\_  
**Luiz Alberto Díaz Rodrigues Dr. (UFSM)**

  
\_\_\_\_\_  
**Elder Dal Prá, Dr. (EMATER/RS)**

  
\_\_\_\_\_  
**Guillermo Baigorria, PhD. (AGEXTEC)**

Santa Maria, RS  
2018

## DEDICATÓRIA

*“Pai e mãe (in memoriam), minha esposa e meu filho, meus irmãos e irmã, meus sobrinhos e sobrinhas, minha sogra, minhas cunhadas e cunhado, se Deus existe eu peço com todo o carinho do mundo, que ele os iluminem !”*

## AGRADECIMENTOS

Antes de escrever meus agradecimentos gostaria de lembrar alguns momentos até chegar neste documento. No início dos anos 80 lembro de minha terna mãe fazendo um esforço imensurável para nos levar a escola, sempre bem arrumados, bem alimentados e sempre lembrando da necessidade de estudar, estudar e estudar, naquela época eu confesso que aprendia mais com meus irmãos, do que na escola.

Ao término dessa década em virtude de meu pai ser militar, uma mudança drástica em nossas vidas, foi mudar de cidade e de estado em que morávamos, lembro que em 1988 ou em 1989 vinha do Rio de Janeiro - RJ e estava entrando na cidade de Rio Grande - RS de taxi, chorando e dizendo meu Deus, porque vocês estão me trazendo para esse lugar, minha mãe só falava aqui vocês podem estudar, tu e teus irmãos irão estudar ou algo assim. Quando terminei o ensino médio, por inúmeros problemas e acontecimentos nenhum dos meus irmãos conseguiu entrar em uma faculdade pública e eu nesse período nem imaginava que nenhum familiar meu havia entrado em uma faculdade pública, mas lembro bem minha mãe brigando com meu pai e dizendo “tu vai pagar o cursinho para o Fabinho, ele tem que estudar!”.

Entrei em duas faculdades públicas em 1999, no dia 2 de março as quinze para cinco da manhã estava saindo de casa para iniciar esse percurso, cheguei na faculdade com quase nada de dinheiro, mas era o bastante para comprar um copo de café, um pedaço de mortadela e dois pães, comemos aqueles pães com tanta vontade, tanta gana, tanta alegria, não foi gordinho? o gosto ainda está na minha memória. Quando cheguei em casa naquele dia eram dez para uma da manhã e minha mãe me disse, filho vai tomar um banhozinho que a mãe fez tua comida, tu tem que se alimentar bem, para ter bastante força para estudar em duas faculdades. Antes do término de uma das faculdades, tive, ganhei, recebi, um dos meus maiores amores na vida, meu filho Lucas, e no dia que contei para meus pais, meu pai disse, porra cara ..., já minha mãe nem titubeou e disse, nem pensa em parar de estudar.

Me formei e depois de alguns anos entrei no mestrado, nossa turma era boa demais, mas infelizmente lembro mais do esforço que meus pais faziam para que eu não parasse de estudar, porque foram vários os momentos de indecisão, se conseguiria ou não terminar essa etapa sabendo das privações e necessidades que eles passavam.

Em setembro de 2008, conheci esse ser humano extraordinário que é a minha esposa, ela é só razão em tudo, até no amor, portanto como ela mesmo diz tem que estudar e pronto. Que fique registrado “E eu te amo Jaqueline Martins e pronto”. Alguns meses após meus pais conhecê-la, lembro de minha mãe perguntando, filho ela é estudiosa como tu? Então surgiu a dúvida, eu sou tudo isso que minha mãe pensa que eu sou de estudioso? Respondi assim, mãe ela é a pessoa ideal para mim! e queria te falar, desculpa mas eu não sou estudioso, mas a Jac é! agora sei o que é ser uma pessoa estudiosa e dedicada. Nosso amor se resume em poucas palavras como a palavra completar, um completa o outro, eu na maioria das vezes estou voando em outro planeta e ela me traz de volta, outras vezes ela está compenetrada e eu há levo para conhecer, para viver não só a razão, mas a emoção em todos os sentidos. Ela talvez não saiba, mas me ajudou ao extremo concluir essa tese, que não foi feita somente com pesquisa e escrita, foi feita com amor.

Em 2012, tive a imensa alegria de me tornar professor universitário em uma faculdade pública e minha mãe disse em sua imensa sabedoria, viu era só estudar meu filho. Infelizmente, foi o mesmo ano do seu falecimento, o que me colocou em uma profunda depressão por uns dois anos, acho que o Doutorado veio para amenizar essa saudade.

Professor Guedes, o senhor ao ler esse texto, agora deve estar sabendo o quanto o senhor é importante em minha trajetória de vida e vida acadêmica, espero não tê-lo decepcionado, creio que o mais importante agora é o senhor saber o quanto sou grato ao senhor.

Ô sub Roque, dona Jôpe in memorian, bicotinha Jaqueline Martins, meu filhão Lucas, meus irmãos e irmã, meus sobrinhos e sobrinhas, desculpe pôr em inúmeros momentos não participar, ou por estar longe ou por estar as vezes de corpo presente mas igual longe. Vocês sabem o quanto eu me dedico ao que faço, e somente hoje posso escrever que agradeço a todos vocês, a cada forma de ajuda que vocês me deram para concluir toda essa trajetória.

Não poderia acabar de agradecer, sem falar que hoje completo todos os objetivos que havia traçado em minha vida, antes do falecimento de minha mãe, pena que não poderei agradecê-la pessoalmente, mas penso que escrever esse texto é a melhor forma de demonstrar o amor que ela me ensinou a ter com os outros.

Ao Gordinho “Deivid Araújo Magano” que me propôs entrar nessa empreitada e me ajudou de várias formas, cedendo uma cama, ajudando no momento de dúvidas, dando sugestões, sabes o quando te considero e o quanto sou grato, mas não custa nada relembrar.

Aos colegas do LabMIP cada um com sua pequena ou grande contribuição, que em diversas ocasiões respondiam meus questionamentos sobre os mais diversos assuntos relacionados a minha tese, fica meu agradecimento.

Ao professor “Costinha” pelas leituras, conversas e debates, a professora Claire pelas leituras e ajuda na formatação, aos Colegas Jonas e Adriano, também pela ajuda, fica o meu agradecimento.

Aos colegas e professores que me acompanharam durante os períodos de estudo e/ou trabalho na FURG, UFPel, UNICENTRO e UNIJUI, fica meu agradecimento.

A instituição UNIPAMPA que me proporcionou o período de afastamento no qual consegui concluir as demandas de disciplinas e praticamente acabar a escrita da tese, agradeço.

A UFSM, que creio estar retribuindo com esse documento e espero ter deixado uma porta aberta para retornar, agradeço.

*“Minha mãe (in memoriam), sua sabedoria transforma meus pensamentos da realidade em pureza e força de viver neste mundo de dificuldades.*

*Meu pai, “ô cara” sua sabedoria transforma meus pensamentos da realidade em força de trabalho e justiça nas atitudes que tomo.*

*Meu filho, meu amor, minha vida, meu tudo e meu coração. Desculpe por não te acompanhar em todos esses pequenos e grandes momentos que fiquei longe, mas momentos estes que são de enorme importância para mim.*

*Jacqueline Antiqueira André Martins, nossos caminhos se interceptaram e transformaram um simples ponto de partida em uma trajetória de amor infinito”*

## RESUMO

### REFORMULAÇÃO DO CÁLCULO DO NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE INSETOS-PRAGA DA CULTURA DA SOJA

AUTOR: Fábio Lucas Izaguirre Martins  
ORIENTADOR: Jerson Vanderlei Carús Guedes

Esta tese trata sobre a reformulação do cálculo do nível de dano econômico de insetos-praga da cultura da soja, foi dividida em três artigos que se complementam e os temas foram dissertados sob diferentes prismas e formas de abordagens. Utilizaram-se três formas de escrita para os capítulos, uma revisão, outra na forma de meta-análise e a última como um estudo de caso. O primeiro artigo é uma cronologia histórica do estudo de nível de dano econômico - NDE, introduzindo os autores que são os pilares do estudo. Seguiu-se discutindo sobre nomenclaturas, conceitos, fórmulas matemáticas e com base nos conhecimentos desenvolvidos na pesquisa, foi sugerido um novo modelo matemático para o cálculo de NDE. No segundo artigo, foram feitas alterações na fórmula do cálculo de NDE, modificações na formulação dos custos de controle, efetuaram-se também mudanças na modelagem da taxa de perda de rendimento, considerou-se no modelo a eficiência do controle químico e resistência do ambiente, e por fim, foram estimados os danos em kg/ha causados por um percevejo /m<sup>2</sup> /dia. Os resultados dos comportamentos das simulações propiciaram elaborar um vasto banco de dados sobre NDE. No terceiro artigo elaborou-se um aplicativo para tomada de decisão no manejo de pragas da soja, o qual foi nomeado como Pré-MIP. A estrutura do algoritmo e forma de implementação foi feita para possibilitar uma interação de agricultores e consultores com o software, da forma mais facilitada possível. O layout para agricultores é mais simplificado e a interface para ser utilizado por consultores é mais voltada à pesquisa em um ambiente mais tecnológico, a fim de se obter resultados dos comportamentos mais específicos. Os três artigos são inovadores na medida em que o primeiro trata de uma cronologia histórica sobre o assunto, algo escasso no Brasil. O segundo contém uma abordagem nova para a modelagem do cálculo de NDE, além de ter sido efetuado um estudo minucioso na forma de uma meta-análise com diversas pesquisas consagradas sobre dano de percevejos. Por fim, no terceiro artigo foi elaborado um aplicativo para tomada de decisão que provou ser eficiente e de fácil utilização por agricultores e consultores. Todos estes resultados são importantes como reflexão sobre as pragas da soja e ainda podem ser aplicados a outras pragas e culturas.

**Palavras-chave:** Cronologia histórica. Dano. Modelagem. Tecnologia agrícola. MIP.

## ABSTRACT

### REFORMULATION OF THE CALCULATION OF THE ECONOMIC INJURY LEVEL OF THE SOYBEAN CULTURE INSECTS-PESTS

AUTHOR: Fábio Lucas Izaguirre Martins  
ADVISOR: Jerson Vanderlei Carús Guedes

This thesis is about the reformulation of the calculation of the economic injury level of the soybean culture insects-pests, it was indebted in three chapters that complement each other and the themes were dissented under different prisms and forms of approaches. Three forms of writing were used for the chapters, one review, another as a meta-analysis and the last as a case study. The first chapter is a historical chronology of the economic injury level study - EIL, introducing the authors who are the pillars of the study. It was discussed nomenclatures, concepts, mathematical formulas and based on the knowledge developed in the research, it was suggested a new mathematical model for EIL calculation. In the second article, changes were made in the EIL calculation formula, modifications in the formulation of control costs, changes in the model of the rate of loss of yield were also considered, the efficiency of the chemical control and resistance of the environment, and finally, the damage in kg / ha caused by a bed bug / m<sup>2</sup> / day was estimated. The results of the simulation behaviors led to the development of a vast EIL database. In the third article, an application was made for decision making in soybean pest management, which was named Pre-MIP. The structure of the algorithm and the way of implementation was made so that farmers and consultants interact with the software in the easiest way possible. The layout for farmers is simplified and the interface to be used by consultants is more focused on research in a more technological environment in order to obtain results of more specific behaviors. The three chapters are innovative in that the first deals with a historical chronology on the subject, something scarce in Brazil. The second contains a new approach to EIL modeling, and a detailed study has been conducted in the form of a meta-analysis with a number of well-established research on bedbug damage. Finally, in the third article, a decision-making application was developed that proved to be efficient and easy to use by farmers and consultants. All these results are important as a reflection on soybean pests and can still be applied to other pests and crops.

**Keywords:** Historical Chronology. Damage. Modeling. Agricultural Technology. MIP.

## LISTA DE FIGURAS

### APRESENTAÇÃO

#### ARTIGO 1

Figura 1. Fluxograma descrevendo a estrutura lógica da revisão.....	35
Figura 2. Cronologia histórica do NDE.....	40

#### ARTIGO 2

Figura 1. Cronologia do estudo do NDE de 1934 até os dias atuais. ....	61
Figura 2. a) Gráfico número de insetos-praga por área x rendimento e b) Gráfico número de insetos-praga por área x perda de rendimento considerando a estimativa de rendimento. ....	67
Figura 3. Evolução dos modelos matemáticos de cálculo do NDE.....	69
Figura 4. Tabela com valores de argumentos de saída, com modelos utilizados no ajuste, dados utilizados, funções, soma dos quadrados dos resíduos, R-quadrado, grau de liberdade, R-quadrado ajustado, erro do quadrado médio da raiz e quantidade de coeficientes do modelo.....	70
Figura 5. a) Ajuste Linear; b) Ajuste Exponencial; c) Ajuste Sigmoidal; d) Ajuste polinomial de grau dois .....	71
Figura 6. Dano em soja promovido por <i>Nezara viridula</i> em diferentes pesquisas.....	72
Figura 7. Dano em soja promovido por <i>Nezara viridula</i> em diferentes pesquisas para o intervalo de tempo acima do período R <sub>4</sub> . ....	73
Figura 8. Dano em soja promovido por <i>Nezara viridula</i> em diferentes pesquisas para o intervalo de tempo acima do período R <sub>5</sub> . ....	73
Figura 9. Dano em soja promovido por <i>Nezara viridula</i> em diferentes pesquisas para o intervalo de tempo acima do período R <sub>6</sub> . ....	74

#### ARTIGO 3

Figura 1. Método Multidimensional Arrays para organização e armazenamento de dados agrícolas, com organização e armazenamento de dados. ....	88
Figura 2. Fluxograma de etapas de elaboração do software Pré-MIP.....	89
Figura 3. Primeira versão da inserção do ícone.....	89
Figura 4. Desenvolvimento do aplicativo de cálculo de NDE. ....	90
Figura 5. Projeções da criação do banco de dados. ....	90

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1. Nomenclatura de diferentes autores e suas opiniões. ....	36
Tabela 2. Modelos matemáticos utilizados para descrever o surgimento do estudo do NDE..	38

### ARTIGO 2

Tabela 1. Fórmulas do NDE e parâmetros. ....	62
Tabela 2. Definição de variável e Valor do parâmetro.....	67
Tabela 3. Componentes estatísticos.....	69

### ARTIGO 3

Tabela 1. Alterações na modelagem matemática do cálculo do NDE.....	88
Tabela 2. Objetivos, ações, metas e resultados esperados.....	91

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução geral.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>A PEDRA FUNDAMENTAL DO ESTUDO DE NÍVEL DO DANO ECONÔMICO .....</b>	<b>17</b>
2.1	RESUMO.....	17
2.2	ABSTRACT .....	18
2.3	A EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE NDE.....	19
2.4	NDE INTERVALO FLUTUANTE E TOMADA DE DECISÃO DO CONTROLE .....	21
2.5	IMPORTÂNCIA AMBIENTAL DO NDE .....	24
2.6	DESENVOLVIMENTO DO MODELO MATEMÁTICO APLICADO AO NDE .....	26
2.7	DISCUSSÃO .....	30
2.8	CONCLUSÕES .....	31
	REFERÊNCIAS .....	31
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO MODELO DE CÁLCULO DE NÍVEL DE DANO ECONÔMICO - NDE: NOVOS PARÂMETROS, NOVOS PARADIGMAS. ....</b>	<b>41</b>
3.1	RESUMO.....	41
3.2	ABSTRACT .....	42
3.3	INTRODUÇÃO .....	43
3.4	CONTEXTO HISTÓRICO DE AUTORES DO ESTUDO DO NDE E SUAS CONCEPÇÕES. ....	44
3.5	REVISÃO DOS MODELOS DE CÁLCULO DO NDE. ....	45
3.6	MODELAGEM DO NÍVEL DE DANO ECONÔMICO .....	47
3.7	MATERIAL E MÉTODOS.....	52
3.8	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
3.9	ARGUMENTOS DE SAÍDA E RESULTADOS ESTATÍSTICOS.....	54
3.10	DISCUSSÃO .....	56
3.11	CONCLUSÕES .....	57
	REFERÊNCIAS .....	57
<b>4</b>	<b>O Software PRÉ-MIP.....</b>	<b>75</b>
4.1	RESUMO.....	75
4.2	ABSTRACT .....	76
4.3	INTRODUÇÃO .....	77
4.4	MODELAGEM .....	78
4.5	MATERIAL E MÉTODOS.....	79
4.6	RESULTADOS, SIMULAÇÕES E DISCUSSÃO .....	81
4.7	INDICADORES DE RESULTADOS CIENTÍFICOS PARA DETERMINAR A EFICIÊNCIA DO APLICATIVO. ....	82
4.8	DISCUSSÃO .....	82
4.9	CONCLUSÕES .....	83
	REFERÊNCIAS .....	83
<b>5</b>	<b>Conclusão Geral.....</b>	<b>92</b>
	<b>Referências .....</b>	<b>93</b>

## 1 Introdução geral

A soja (*Glycine max L.* Merrill) é originária da Ásia, especificamente da China, seu cultivo teve sua introdução no Brasil em 1882, hoje é um dos mais importantes sistemas de produção agrícola do país. O primeiro cultivo no Rio Grande do Sul foi em 1914. Nas décadas seguintes, o cultivo dessa leguminosa foi disseminado em praticamente todo o território nacional, sendo que na safra 2016/2017, o Brasil figurou como segundo maior produtor de soja do mundo, com uma produção de 114,923 milhões de toneladas, atrás apenas dos EUA com 117,208 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2017). A elevada produção é justificada pela alta demanda de consumo mundial, com destinação diversa, como alimentação humana, animal, produção de energia renovável e recentemente como uso para produção de pneus. A cultura da soja está sujeita ao ataque de pragas que colocam em risco a lucratividade, elevam custos e impactam o ambiente.

Dentre os insetos-praga da soja destacam-se os pertencentes à família Pentatomidea (Correa-Ferreira et al., 2013; Peixoto e Ferreira, 2012) sendo as principais espécies: *Euschistus heros*, *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, por estarem entre as pragas mais nocivas ao cultivo de soja, sendo um dos principais limitantes da produtividade e por ocorrer em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Os insetos-praga que possuem relevância são os percevejos, *E. heros*, *N. viridula*, *P. guildinii*, por sua alta capacidade de causar danos na cultura de soja nos estádios de desenvolvimento reprodutivo R<sub>3</sub> até o R<sub>6</sub>, impondo aos agricultores a necessidade de efetuar medidas de controle. Os danos desses percevejos dependem das condições climáticas locais, da existência de hospedeiros alternativos durante o ano todo, das elevadas temperaturas, do clima de inverno ameno Villas Boas et al. (1990) e de medidas de controle equivocadas, que podem propiciar condições perfeitas para um crescimento populacional desordenado de insetos-praga. Havendo condições para o crescimento populacional dos insetos-praga, surge um alerta que é verificado nos grãos, que ficam atrofiados (má formação), perdem peso, podendo ainda causar o aborto dos grãos ou legumes, perda na qualidade de germinação, no vigor das sementes e no teor de óleo na semente.

A relação entre o estágio de desenvolvimento da cultura e o dano ocasionado pelo inseto-praga é um dos principais parâmetros para a tomada de decisão no manejo. Muitos pesquisadores estudaram a significância estatística dos efeitos: a) de diferentes populações de insetos-praga Gassen (1980), b) de alterações no espaçamento entre linhas Gamundi et al. (2003), c) de intervalos de tempos distintos para promover o monitoramento, d) do uso de diferentes métodos de avaliação (com pano-de-batida ou gaiola) Correa-Ferreira (2002),

sempre sob condições experimentais diversas, para diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, buscando saber qual nível populacional de insetos-praga causa redução no rendimento da soja.

Uma alternativa para resolver o problema com pragas da soja, diminuir os custos de controle, aumentar a lucratividade e conseqüentemente diminuir o impacto ambiental é a implementação adequada do manejo integrado de pragas – MIP. As tomadas de decisão do MIP estão baseadas, no estudo do Nível de Dano Econômico – NDE, cuja fórmula de cálculo apresenta a interação de inúmeros parâmetros, havendo a necessidade de determinar quais destes são os mais significativos, a fim de elaborar um modelo que represente melhor a realidade e aponte corretamente quando se deve iniciar o controle.

Existem inúmeras interpretações sobre o conceito de NDE. Do ponto de vista matemático a fórmula que descreve o NDE é um quociente, no numerador tem-se o custo de controle, que é expresso nesta tese como o custo de controle contratado ou custo de controle efetuado pelo agricultor, considerando o custo de controle sendo igual ao custo do inseticida somado ao custo da aplicação, com variações que serão descritas no texto. Desta forma, o custo de controle fica sujeito a realidade de cada produtor, uma vez que se for efetuado o controle pelo próprio agricultor o valor desse parâmetro depende das escolhas dos produtos e dos serviços de aplicação. Outra forma de obter o custo de controle é calculando o custo de controle contratado, quando o agricultor faz um contrato com um terceiro ou uma empresa especializada que efetuará o controle.

Na fórmula do cálculo do NDE tem-se ainda, como denominador o produto entre três parâmetros: a primeira é o valor da soja, expresso considerando as variações no mercado financeiro agrícola. No Brasil, esse valor da produção para exportação é constituído de uma soma de dois valores: Cotação da oleaginosa no Conselho de Comércio de Chicago - CBOT (Bolsa de valores de Chicago) e o valor chamado de prêmio. Portanto, o preço da soja para exportação é  $CBOT + Prêmio = (US\$ / bushel)$ .

Outro parâmetro que aparece no denominador da fórmula do cálculo do NDE é a taxa de perda de rendimento, calculado a partir do ajuste de dados entre a população de insetos-praga e a perda de rendimento correspondente a essa população. Esse parâmetro depende diretamente da população de insetos e das condições ambientais. Se estas condições ambientais forem favoráveis, a população em um curto período de tempo tende a crescer exponencialmente, se desfavoráveis a população de insetos-praga se mantém aproximadamente constante e na ocorrência de um período longo de tempo nessas condições pode não existir prejuízo para a produção.

Como último parâmetro no denominador da fórmula de cálculo do NDE, tem-se a eficiência do controle que descreve-se como uma soma da eficiência do controle químico com a Resistência do Ambiente. A eficiência do controle químico basicamente é a capacidade do inseticida controlar os insetos-praga. A Resistência do Ambiente, são as causas bióticas e abióticas de morte do inseto-praga exceto pelo inseticida aplicado, é mais complexa, pois para calcular deve-se explicar inúmeros fenômenos biológicos, em virtude dessa complexidade e para não fugir do foco desta pesquisa, não se efetuaram os cálculos com alterações na Resistência do Ambiente, sem perda de representação nos modelos que descrevem o NDE.

Os parâmetros da fórmula do cálculo do NDE são essencialmente expressos em função de alterações econômicas do mercado financeiro agrícola e muitas vezes impactados por alterações de políticas internas promovidas pelo governo federal. Outro fator relevante nas alterações dos valores dos parâmetros são os fatores naturais, que foram descritos nesta tese com simplificações para suavizar os comportamentos e assim representar os resultados de forma mais realista. Uma outra forma de analisar o NDE é por meio dos conceitos que descrevem o NDE. Stern et al 1959, que disseram que o NDE é a menor densidade populacional que causará danos econômicos. No entanto, Pedigo et al (1986), afirmam que o NDE é definido como o menor número de insetos que causará danos, ou o número mínimo de insetos que reduziria o rendimento a um valor igual ao "*Gain threshold*" ou em português limiar de ganho. Essas duas generalizações, não são as únicas e por esse motivo a elaboração de uma cronologia histórica é necessária para preencher lacunas existentes no desenvolvimento do estudo do NDE.

Pode-se dizer que nas duas interpretações os autores consideraram a população de insetos-praga, relacionando essa população ao dano causado pela mesma. Dano que irá refletir em uma redução no rendimento e ao comparar essa redução com o restante do conjunto de parâmetros do cálculo de NDE pode resultar em uma necessidade ou não de controle. A tomada de decisão depende do comparativo: o rendimento é ou não, maior que o benefício do controle. Esse comparativo justifica o estudo de busca de quais fatores alteram o momento da tomada de decisão, partindo da análise dos comportamentos dos parâmetros envolvidos no cálculo do NDE e chegando ao uso de dados para elaboração de um software para tomada de decisão no manejo de pragas da soja. Portanto, os objetivos dessa pesquisa foram: a) criar uma cronologia histórica sobre NDE, b) elaborar um modelo matemático que se assemelhe ao máximo com a realidade, e c) compor um aplicativo de cálculo do NDE que sirva de suporte nas tomadas de decisão no manejo de insetos-praga.

**ARTIGO 1:****FORUM****2 A PEDRA FUNDAMENTAL DO ESTUDO DE NÍVEL DO DANO ECONÔMICO**  
FLI MARTINS<sup>1,2</sup>, DA MAGANO<sup>1</sup>, JVC GUEDES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Federal University of Santa Maria, Ave. Roraima 1000, build 42, UFSM / PPGEA, Santa Maria, RS, Brazil

<sup>2</sup>Federal University of Pampa, St. Luiz Joaquim de Sá Brito, Itaqui, 97650-000, RS, Brazil

<sup>3</sup>Dr. in Entomology, Federal University of Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil, Ave. Roraima 1000, build 42, UFSM / DFS; UFSM / PPGEA, Santa Maria, RS, Brazil

**Correspondence**

Fábio Lucas Izaguirre Martins, Federal University of Santa Maria, Ave. Roraima 1000, build 42, UFSM /PPGEA, Santa Maria, RS, Brazil, [fabiolucasimartins@gmail.com](mailto:fabiolucasimartins@gmail.com), [phone +5555981163418](tel:+5555981163418), [fax](tel:+5555981163418)

**A pedra fundamental do estudo do nível de dano econômico****2.1 Resumo**

Nesta revisão salientou-se principalmente o número significativo de publicações científicas e experiências de vários autores (artigos e / ou livros) mostrando quando o conceito nível de dano econômico - NDE foi estabelecido, considerando os pesquisadores mais relevantes no processo de desenvolvimento do conceito. Foram descritos o conceito de NDE, a finalidade do cálculo, a importância de um estudo histórico sobre a idealização da fórmula do NDE, quem são os autores das fórmulas recentes e suas variações, e quais direções devem ser tomadas para aumentar a aplicabilidade e eficiência dos resultados obtidos a partir dessas fórmulas. Portanto, esta revisão infere que o contexto histórico do processo de

desenvolvimento da equação é de grande importância, proporcionando uma base para uma melhor compreensão da literatura sobre NDE e pode propor novos avanços no conceito e na fórmula de cálculo de NDE. Sugeriu-se, partir de uma nova abordagem, não somente pela interpretação do resultado de um cálculo e uso de uma fórmula, mas buscando o contexto em que os conceitos e a fórmula foram elaborados.

**Palavras chave:** Estudo cronológico. Modelagem matemática. Controle de pragas. Limiar econômico. Manejo Integrado de Pragas.

## 2.2 Abstract

In this review, it was emphasized the significant number of scientific publications and experiences of several authors (articles and / or books) showing when the concept of economic injury level (EIL) was established, considering the most relevant researchers in the process of the concept development. There were described the concept of economic injury level, the purpose of the calculation, the importance of a historical study on the idealization of the EIL formula, who are the authors of the recent formulas and their variations, and which directions should be taken to increase the applicability and efficiency of the results obtained from these formulas. Therefore, this review infers that the historical context of the development process of the equation is of great importance, providing a basis for a better understanding of the EIL literature and may allow to propose new advances in the EIL concept and calculation formula. It was suggested a new way of studying the EIL, not only with the interpretation of the result of a calculation and use of a formula, but looking for the context in which the concepts and the formula were elaborated.

**Keywords:** Chronological study. Mathematical modeling. Pest control. Economic threshold. Integrated Pest Management.

### 2.3 A evolução do conceito de NDE

O estudo de NDE é resultado de fatores e conceitos construídos ao longo de aproximadamente 80 anos, organizados nesta revisão de acordo com o fluxograma da Fig 1. Os pesquisadores Pierce (1934), Stern et al (1959) e Chant (1966) estabeleceram os pilares dos estudos do NDE, no entanto, há diferenças importantes em seus estudos. Historicamente, Pierce (1934) foi o principal autor do conceito filosófico e teórico sobre o desenvolvimento do NDE. Stern et al. (1959) tiveram grande influência no desenvolvimento da estrutura da pesquisa do NDE, facilitando a formalização deste estudo. Subsequentemente, Chant (1966) descreveu o passo final para o estabelecimento do NDE, tendo compilado um grande grupo de estudos já estabelecidos, em uma nova área de conhecimento chamada bioeconomia, seus argumentos sobre o uso racional de inseticida não foram contestados por outros pesquisadores, restando apenas a necessidade de ajustes na modelagem matemática da fórmula de cálculo do NDE.

O trabalho de Pierce (1934), que embora relacionado a árvores frutíferas, foi revolucionário porque seus conceitos foram interpretados de diferentes maneiras e aplicados a várias áreas de conhecimento, como a Entomologia. O autor formulou três questões fundamentais para iniciar a pesquisa do NDE: 1) "Todos os ataques de insetos devem ser computados como danos avaliáveis?", 2) "Se não, em que ponto ele deve ser avaliado?" e 3) "O trabalho de controle é necessário quando o dano está abaixo desse ponto? ".

Nessa época o controle de insetos-praga era baseado em um pensamento ecológico e o entomologista agrícola Michelbacher foi o primeiro a endossar a ideia de "controle supervisionado", como descreveu Kogan (1998 e 2013), esta ação contribuiu para o desenvolvimento e implementação de programas de controle de muitos insetos-praga que atacavam importantes culturas na Califórnia na época. Michelbacher (1945) lembrou ainda, que um sistema altamente sofisticado para o controle do bicudo-do-algodão (*Anthonomus*

*grandis* Boheman) foi desenvolvido em 1920, e os limiares econômicos foram identificados para iniciar tratamentos com arseniato de cálcio  $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ .

A consolidação do NDE se deu nos artigos sobre controle integrado de Stern et al., 1959 e Stern 1975, eles propuseram os conceitos e a terminologia da bioeconomia hoje utilizada. Especificamente, eles desenvolveram as ideias de dano econômico, controle econômico, NDE e limiar econômico, conceitos geralmente chamados de nível de dano econômico. Stern et al. 1959, definiram o NDE, como a menor densidade populacional que causará danos econômicos, ou seja, relacionam a população de insetos-praga com o dano econômico promovido pela praga analisada. Já Ray (1969), em adição a proposta de Stern (1959), afirmou que a relação entre níveis de tolerância e danos, variavam com as mudanças no ambiente ecológico e econômico.

Destacam-se, as variações relacionadas a necessidade de uso de inseticidas para suprimir insetos-praga, que infelizmente por vários anos promoveram o conceito de matança exagerada, na qual muitos agricultores desenvolveram, a filosofia de que não havia inseto bom, exceto o inseto morto (Stern 1973). Com essa lógica, do uso generalizado e por vezes indiscriminado de inseticidas, uma série de problemas surgiram, incluindo a poluição do ar, da água e do solo, o aumento do número de pragas, a resistência prematura de muitos artrópodes a pesticidas e a perturbação dos sistemas ecológicos, segundo advertiram Stern et al. (1959). Os autores alertaram que o conceito de "limiar econômico" como critério principal para o uso de inseticidas foi essencialmente ignorado, contrapondo a necessidade comprovada em inúmeras pesquisas, nas quais para tomadas de decisão utiliza-se como critério o estudo do limiar de dano econômico de pragas, que é escasso em virtude das incontáveis espécies de pragas. Outros estudos foram desenvolvidos anos mais tarde e Chant (1966) no artigo "Integrated control systems", introduziu o estudo dos níveis de decisão econômica e

argumentou que o uso sensível de inseticidas só é possível com a compreensão do nível de população de insetos que causam danos econômicos (PEDIGO 1999).

#### 2.4 NDE intervalo flutuante e tomada de decisão do controle

Reflexões sobre o estudo cronológico do NDE, no aspecto de fitossanidade, servem para balizar inferências e objetivam instigar pesquisas sobre o assunto, fornecendo informações sobre como foram e estão sendo estudados os conceitos sobre NDE. Pierce (1934) não foi explícito ao considerar um NDE, ele não se referia diretamente a insetos-praga relacionando-os com rendimento, mas sim a quantidade esperada de frutos em relação à capacidade de suporte das plantas. Com relação ao estudo de Pierce (1934), este relata que várias culturas geralmente gastam mais energia para produzir estruturas como folhas ou frutos, para compensar os danos promovidos pelos insetos-praga. Existe um limite na quantidade de insetos que uma planta pode tolerar considerando seu estágio de desenvolvimento, estrutura, condição nutricional, fatores abióticos, tipo de produto desejado, danos causados por insetos, entre outros. Estas variáveis são muito dinâmicas e o sistema de desenvolvimento da planta responde às variáveis do ambiente e compensa as perdas por ataque de insetos-praga chegando às vezes a se obter uma maior produção do que a testemunha do experimento, fato fundamentado na teoria escrita por Turnipseed (1972), Pantoja et al. (1986), Heinrichs (1994), Higley e Peterson (1996).

Partindo desta premissa de que mesmo com os níveis de populações máxima ou muito próximo da máxima de insetos-praga a produtividade obtida nos experimentos foi considerada alta, torna-se essencial determinar a densidade máxima de uma praga que uma planta pode suportar sem reduzir sua produtividade. Como essa densidade é flutuante, a determinação de um intervalo quantitativo de dano, que nada mais é que considerar como um intervalo flutuante o resultado do cálculo do NDE (não mais como um valor fixo) é essencial para a tomada de decisão do manejo de insetos-praga. Assim, surgem as seguintes questões.

Qualquer *quantidade* de insetos atacando a cultura causa dano avaliável? existe um *intervalo quantitativo* que deve ser tomado como referência para avaliações? e *abaixo desse intervalo quantitativo* é necessário o controle?

Em consonância, com as ideias de Michelbacher (1945) e Kogan (2013), é possível afirmar que a necessidade de utilização de inseticidas era e é diretamente associada a necessidade de preservação da cultura. Quando as intervenções eram necessárias elas deveriam considerar o NDE e conseqüentemente os níveis populacionais de insetos-praga na área observada. O intervalo de valores da taxa de perda de rendimento por m<sup>2</sup>, o intervalo do valor da produção, o intervalo de valores do custo do controle e o intervalo de valores da eficiência do controle compõem esta fórmula e pautam a decisão. Na época do relato dos autores, as tecnologias eram escassas, tornando muito difícil a tomada de decisão para uso de inseticidas, uma vez que, qualquer inseticida poderia causar danos aos organismos não alvos. Atualmente, qualquer tomada de decisão deve considerar o uso de tecnologias para obtenção de resultados representados em gráficos comportamentais ou em tabelas de comportamento, ou seja, existe a necessidade do uso de tecnologias como um software e/ou aplicativos que promovam o Manejo Integrado de Pragas – MIP, minimizando erros, aprimorando as recomendações e tornando mais eficiente a tomada de decisão e é primordial o uso dessas tecnologias para que os resultados das pesquisas tornem-se mais próximos da realidade, evitando qualquer dano ao ser humano ou ao ambiente.

Com base em pesquisas, Ray e Gordon (1949) mostraram que danos econômicos ocorrerão se a população não estiver abaixo de um certo nível. Os autores combinaram o conhecimento empírico com o estudo da densidade populacional abaixo de um certo nível, demonstrando o conceito de NDE. Eles descrevem que os agricultores contratavam entomologistas para recomendar intervenções de manejo, baseadas no conhecimento empírico dos agricultores aliado aos resultados de suas pesquisas.

Qualquer pesquisa para o cálculo do NDE apresenta resultados flutuantes devido a quase instantânea alteração, dos custos de controle, do valor da produção, da taxa de perda de rendimento por inseto por m<sup>2</sup> ou alteração na eficiência do controle, ditando a flutuação do resultado do cálculo do NDE, todos estes cenários de flutuação podem demandar alterações nas medidas de controle, alterando também os valores despendidos para serem implementados os controles.

Stern et al., 1959, destacam que quando os insetos ameaçam a colheita ou a comercialização de uma cultura, o produtor enfrenta o problema de sofrer uma perda monetária severa, evidenciando a relação do dano econômico, que é a quantidade de prejuízo que irá justificar o custo de medidas de controle artificial, demonstrando que a população de insetos convertem-se em praga, porque o dano nesse momento torna-se significativo. Os autores referem-se ainda ao controle econômico e limiar econômico, conceitos que podem ser confundidos em nível de interpretação, mas que na realidade são bem diferentes. O controle econômico é o que se deve fazer para reduzir ou manter uma densidade de pragas abaixo do NDE e limiar econômico é quando efetuar a ação de controle, chamamos de **intervalo ótimo da tomada de decisão**, visando o controle econômico e buscando sempre executar medidas de controle nesse intervalo para que a população de insetos-praga não alcance o NDE.

Um fato relevante tratado por Stern et al. (1966) foi a descrição de que na década de 1960 o conceito entomológico de controle integrado foi ampliado englobando nematologia, fitopatologia e a ciência das plantas daninhas e começou a incluir controle biológico e químico, controle cultural, fatores climáticos, análise de crescimento da planta e modelagem, assim como ramificações sociais e aspectos políticos.

Uma das interpretações dos conceitos propostos por Stern et al. (1959), foi feita por Ray (1969), no qual ele descreve que os objetivos de manejo devem ser definidos em termos de danos, não em termos de número de pragas, no entanto estava parcialmente correto,

porque, não é viável promover os objetivos de manejo apenas em termos de danos, como afirmava. Mesmo não perfeitamente relacionados, em uma “equação generalista”, temos que “assumir” esta relação direta ou quase direta dos danos com o número de pragas, sob pena de ser impossível assumir outra posição prática e aplicada à agricultura. Esta variação somente pode ser verificada com estudo de praga por praga em cada cultura. Portanto, estudar os objetivos de manejo definidos em termos de número de pragas e do dano, requer menos esforço financeiro, com precisão similar ou superior em relação ao uso exclusivo do dano como parâmetro. Além disso, a nomenclatura NDE não é perfeita, porque a densidade populacional e o nível de dano são diferentes, e de acordo com Stern et al. (1959), o NDE é a menor densidade populacional que causará danos econômicos.

Como o objetivo do cálculo do NDE é chegar o mais próximo da realidade, nas simulações, deve-se usar uma quantidade expressivas de dados o que faz necessário usar o conhecimento empírico e a pesquisa científica aliados ao uso de novas tecnologias. Stern 1973 expressou uma realidade estabelecida há anos, apontando para a falta de organização do contexto histórico no estudo e evolução dos conceitos do NDE. Uma abordagem para entender e superar esse problema é o desenvolvimento de uma Cronologia histórica do NDE, embasado na importância do cálculo do NDE.

## 2.5 Importância ambiental do NDE

O controle dos insetos-praga é uma das atividades que os agricultores e agrônomos realizam com maior frequência. Para fazê-lo corretamente e no momento ideal, eles devem usar cálculos, porque as medidas de controle nem sempre correspondem a medições empiricamente feitas. Os cálculos geralmente implicam em operações matemáticas elementares. Entretanto, os detalhes podem confundir alguns profissionais, assim descrevem-se os fatores que fazem o cálculo do NDE extremamente importante STERN (1966).

Um dos fatores que tornaram o cálculo do NDE de extrema importância na agricultura foi o fator financeiro. A expressão "nível de dano econômico" refere-se indiretamente à questão econômica, isto é, existe uma base financeira na obtenção do valor do NDE. Essa importância é devida aos fatores, custo de controle e valor da produção. Os fatores econômicos estão diretamente relacionados à população de insetos-praga, à produtividade da cultura obtida com essa população de insetos-praga e a eficiência nas tomadas de decisões utilizadas para o controle.

Os fatores ambientais afetam a quantidade de substâncias químicas usadas para suprimir insetos e a supressão equivocada de inimigos naturais desestabiliza o sistema, o que pode causar um aumento descontrolado na população de pragas. Isso pode levar a problemas de gestão e danos à produtividade das culturas, além disso, o uso excessivo de pesticidas pode causar impacto ambiental com a contaminação do solo e da água (Ghini e Kimati 2000). Segundo Ray e Gordon (1949), o uso desnecessário de inseticidas é uma despesa desnecessária e pode ser prejudicial aos insetos benéficos. Esse tipo de despesa desnecessária deve ser contornada com o uso do NDE e o conhecimento de seus parâmetros, explicitando então a importância do cálculo do NDE.

A importância do estudo sobre o NDE é demonstrada em ações, como manter a densidade populacional de pragas constante e abaixo do NDE, ou ainda, quando estuda-se todos os cenários possíveis de comportamentos do NDE para futuras tomadas de decisão. Nesse contexto, considera-se dois enfoques: controle e regulamento. Em 1961 Turnbull e Chant, reservaram a palavra controle para o conceito econômico, isto é, o controle de danos. Quando se pensa no controle, é necessário estabelecer estratégias elaboradas para manter a densidade de pragas constante abaixo de um limiar desejado, sendo um processo de longo prazo visando o limiar de equilíbrio, ou seja, uma estratégia para controle de danos.

Por outro lado, Turnbull e Chant (1961) no mesmo artigo utilizaram para a influência de agentes que limitam o número de indivíduos em uma população o termo "regulamento". Na presente pesquisa usou-se o termo regulamento para o ato de regulação da produtividade tendo como objetivo atingir um padrão, dispondo de estimativas de comportamentos, extrapolando as possibilidades de cenários dos resultados, a fim de recomendar mais eficientemente o controle, ou seja, estudam-se os cenários do comportamento da relação praga e cultura, introduzindo como parâmetro a influência de agentes que possam limitar o número de indivíduos na população estudada.

Analisando todo o contexto discutido até agora, podem-se descrever algumas terminologias, conceitos e opiniões promovidas pelos pesquisadores sobre o estudo do NDE, que estão resumidos na Tabela 1.

## 2.6 Desenvolvimento do modelo matemático aplicado ao NDE

O desenvolvimento de um modelo matemático surgiu em um contexto histórico controverso no qual muitos pesquisadores Ray 1949, Michelbacher 1945 e 1952, Stern 1959, 1966, 1973 e 1975, Chant 1964 e 1966, Van den Bosch 1959 e Kogan 2013 entre outros, calcularam o NDE com viés entomológico (isto é, estudando o NDE promovido por insetos-praga). Outros pesquisadores conduziram estudos considerando o cálculo do NDE causado por plantas daninhas. Portanto, diferentes estudos foram baseados em conceitos do NDE estabelecidos por Pierce (1934), Stern et al. (1959) e Chant (1966).

No entanto, o foco deste trabalho é o contexto entomológico da modelagem matemática, começando com o artigo "Development and economic-injury level of the green cloverworm on soybean in Iowa, in *Insects: Studies in Population Management*" (Southwood e Norton 1973), em que os autores desenvolveram o primeiro modelo matemático do NDE, considerando o dano econômico (ED) em relação ao valor econômico ou monetário.

Stone e Pedigo (1972) investigando a perda de produção comercializável ao contrário da relação com o valor monetário usado por Southwood e Norton (1973). Por outro lado, no artigo “Analysis of decision making in crop protection” (Norton 1976) desenvolveu o modelo tomado como o cálculo geral do NDE, usado até agora pelos entomologistas.

Pedigo et al. (1986) no artigo “Economic injury levels in theory and practice” descreveram o estudo de um modelo matemático do cálculo do NDE, considerando o contexto entomológico. Este parece ser o modelo matemático mais adequado até hoje, por considerar parâmetros entomológicos específicos, como o custo de controle de insetos-praga, taxa de perda de rendimento /inseto /m<sup>2</sup> e eficiência do controle químico para supressão de insetos-praga, portanto mais amplo e considerando que o controle químico apresenta variação da sua eficiência, em resposta a fatores da cultura, da praga e da própria aplicação do método.

No artigo “The economic injury level concept and environmental quality: a new perspective” (Higley e Pedigo 1992) e no livro "Entomology and Pest Management" (Pedigo et al. 1ª ed., 1989, 2ª ed. 1995, 3ª ed., 1999, 4ª ed., 2001), o foco estava nos níveis de tomada de decisão econômica e manejo de pragas para insetos, patógenos de plantas e plantas daninhas. Pedigo também fez duas outras edições do mesmo livro com a colaboração de Marlin (Pedigo e Marlin 2005, Pedigo e Marlin 2014), eles definem o menor número de insetos que causará danos econômicos, ou o número mínimo de insetos que reduziria o rendimento igual ao limite de ganho como NDE, conjuntamente eles definem que o termo limiar de ganho expressa o ponto inicial de dano econômico.

Nesse sentido, surge um facilitador para contextualizar a modelagem, a qual foi descrita com modelos desenvolvidos através de estudos e análises de fenômenos físicos, químicos, biológicos, econômicos e agrícolas. Portanto, neste artigo organizaram-se os modelos estudados conforme mostrado na Tabela 2, chegando ao modelo atual e terminando

por sugerir mudanças no modelo. Será apresentado na Tabela 2 apenas o modelo, mais detalhes de seus parâmetros deverão ser fundamentados em suas respectivas referências.

Considerando os modelos anteriores e o contexto entomológico do estudo, propõe-se a seguinte expressão, como uma nova fórmula geral do cálculo do NDE:

$$NDE = \frac{C_o}{V \bullet b \bullet K} \text{ onde: } C_o = C_{oc} + C_{op}. \text{ Na presença de } C_{oc} \text{ o } C_{op} \text{ é zero, e vice-versa.}$$

Algumas mudanças ocorrem porque usou-se apenas o Custo Operacional Contratado e considerou-se a Eficiência do Controle Químico. 
$$NDE = \frac{C_o}{V * b * (k_{cq} + R_a)}$$

Alterando os termos  $b_l, b_e$  e  $b_s$  com um custo operacional contratado tem-se:

$$NDE = \frac{C_{oc}}{V * b_l * (k_{cq} + R_a)}$$

$$NDE = \frac{C_{oc}}{V * b_e * (k_{cq} + R_a)}$$

$$NDE = \frac{C_{oc}}{V * b_s * (k_{cq} + R_a)}$$

Quando o próprio produtor promove o controle, muda o modelo e tem-se o Custo Operacional igual ao Custo Operacional promovido pelo Produtor: 
$$NDE = \frac{C_{op}}{V * b * (k_{cq} + R_a)}$$

Alterando os termos  $b_l, b_e$  e  $b_s$  para um controle promovido pelo produtor:

$$NDE = \frac{C_{op}}{V * b_l * (k_{cq} + R_a)}$$

$$NDE = \frac{C_{op}}{V * b_e * (k_{cq} + R_a)}$$

$$NDE = \frac{C_{op}}{V * b_s * (k_{cq} + R_a)}$$

Notações dos parâmetros utilizados no modelo:

$C_o \rightarrow$  Custo Operacional /área (em ha)

$C_{oc}$  → Custo Operacional Contratado

$C_{op}$  → Custo Operacional promovido pelo produtor

$k$  → Eficiência de Controle

$k_{cq}$  → Eficiência do Controle Químico

$R_a$  → Resistência do Ambiente

$V$  → Valor de mercado para venda por unidade de produção no ano corrente

$b$  → Taxa de perda de rendimento

$b_l$  → Taxa de perda de rendimento usando ajuste linear

$b_e$  → Taxa de perda de rendimento usando ajuste exponencial

$b_s$  → Taxa de perda de rendimento usando ajuste sigmoidal

Note-se que este modelo é composto por termos que descrevem o comportamento das mudanças, sob a forma de composição de custos, na eficiência de controle e na modelagem matemática do cálculo da taxa de perda de rendimento. Estas mudanças foram estudadas em virtude de uma proposta de delimitação de dois focos, o controle e o regulamento, visando aumentar a utilidade do cálculo do NDE.

Desta forma, este texto foi organizado para mostrar as inter-relações de diversas teorias, foi elaborado de uma forma estruturada e sistemática buscando as possíveis causas do seguinte problema: o estudo do NDE é muito vasto, mas foi organizado e revisado de formas diferentes, deixando assim na cronologia histórica lacunas conceituais sobre o NDE. No diagrama na Fig 2 é possível esclarecer quais foram as causas potenciais para o surgimento do problema tratado nesta primeira parte da tese: causa I - Pierce (1934), na criação do estudo do NDE, não estabeleceu notações e conceitos. Causa II - Stern et. al. (1959) estruturaram a área de pesquisa, mas não consolidaram a área da ciência na qual estuda-se NDE. Causa III - O

estudo NDE foi introduzido de forma controversa. Causa IV - Os conceitos de NDE foram desenvolvidos concomitantemente ao conceito de Manejo Integrado de Pragas. Causa V - Falta de estudos expressivos sobre novos autores. Este texto permite inferir quais as causas que geraram o problema pesquisado, obtendo como efeito principal dessas causas, a falta de conceituação do estudo de NDE o qual é melhor descrito em um estudo cronológico, como mostramos no diagrama na Fig 2.

## 2.7 Discussão

Ao considerar as aplicações passadas do cálculo do NDE, constatou-se que a identificação do NDE nas décadas de 30, 40 e parte da década de 50 era feita de uma forma mais empírica que científica, relacionando-se aos meios de controle atuais, devido a não existir na época uma ciência que estudasse o NDE, ou por não existir conceitos consolidados sobre o tema, ou ainda, por não existir uma fórmula que calculasse o NDE envolvendo os parâmetros que descrevessem esse fenômeno. Outra aplicação do passado, foi de Ray (1969) que relacionou a variação dos níveis de tolerância e danos com as mudanças no ambiente ecológico e econômico estando totalmente correto, pois mais tarde com o surgimento da fórmula de cálculo do NDE essa relação torna-se evidente, uma vez que de certa forma todos os parâmetros de cálculo são afetados por variações determinadas por mudanças no ambiente ecológico e econômico.

As alterações na fórmula de cálculo do NDE foram pouco expressivas entre a fórmula de Norton et al. 1973 e a de Pedigo et al. em 1986, ou por não considerar variações praticamente instantâneas dos parâmetros, ou por falta de tecnologia que processasse a enorme quantidade de dados que envolvem o cálculo do NDE.

## 2.8 Conclusões

Esta cronologia histórica baseou-se em um contexto entomológico, iniciando-se por Pierce (1934) e cruzando-se com a modelagem de Pedigo (1986), e formalizou-se um novo modelo matemático proposto. Portanto, conclui-se que a cronologia histórica é a pedra fundamental do estudo do NDE e que o NDE é uma das bases do MIP, pois torna-se evidente que o MIP é extremamente influenciado pelo NDE. Outro fato evidenciado no texto é que o estudo do NDE demonstrou-se ser muito vasto, com diversas lacunas conceituais e pouca discussão sobre suas referências, esta revisão histórica permitiu também, observar a evolução do conceito NDE ao longo do tempo e preencher tais lacunas.

Vislumbra-se que o estudo NDE seja consolidado com: a) a elaboração de banco de danos sobre custo de controle, valor da produção, taxa de perda de rendimento e eficiência do controle, b) o desenvolvimento de modelos matemáticos mais sofisticados, em termos de predições de comportamento de insetos, de diferenças entre cultivares ou de eficiência de controle químico, c) a elaboração de softwares e "apps" que promovam o MIP considerando toda a influência que o cálculo do NDE exerce.

Portanto, acredita-se que o conhecimento histórico sobre o surgimento, uso e promoção do NDE é fundamental para agricultores, para agrônomos e especificamente para entomologistas, fortalecendo práticas baseadas em evidências, tanto no campo como na pesquisa. O uso de NDEs mais apropriados podem contribuir para a adoção mais adequada e eficiente do controle químico, reduzindo a contaminação ambiental e sobretudo diminuindo os gastos para o agricultor.

## Referências

Chant D A (1964) Strategy and Tactics of Insect Control. *The Canadian Entomologist*, 96, pp 182-201. doi:10.4039/Ent96182-1.

- Chant D A (1966) Integrated control systems. In *Scientific Aspects of Pest Control*, pp. 1 93-98. Washington, DC: Natl. Acad. Sci., Nat. Res. Counc. Publ. 1 402.
- FAO (1966) Summary of session and discussion. Proc. FAO Symp . *Integrated Pest Contr.*, Rome, 1965, 2:87 . Rome: Food and Agriculture Organization (FAO).
- Geier P W (1966) Management of insect pests. *Annu. Rev. Entomol.* 11: 471-490, 1966.
- Geier P W, Clark L R (1960) An ecological approach to pest control. Proc. Tech. Meeting International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Warsaw, 8: 10-18.
- Ghini R e Kimati H (2000) Resistência de fungos a fungicidas. *Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente*, 78p.
- Headley J C (1972a) Defining the Economic Threshold in *Pest Control Strategies for the Future*, National Academy of Sciences, Washington D.C. pp. 100-108.
- Higley L G, Pedigo L P (1992) Economic injury concepts and their use in sustaining environmental quality. *Agric. Ecosyst. Environ* 46:233–243.
- Higley L G, Peterson R K D (1996) The biological basis of the EIL. In: HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P. (Eds). *Economic Thresholds for Integrated Pest Management*. University of Nebraska Press. p. 22-40.
- Kogan M (1998) Integrated pest management historical perspectives and contemporary developments. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 243-270.
- Kogan M (2013) Integration and Integrity in IPM. The Legacy of Leo Dale Newsom (1915 1987). *American Entomologist*, Fall.
- Michelbacher A E (1945) The importance of ecology in insect control. *J. Econ. Entomol.* 38: 129-130.
- Michelbacher A E, Bacon O. G. (1952) Walnut insect and spider mite control in Northern California. *J. Econ. Entomol.* 45: 1020-1027.

- National Academy of Sciences (1969) Insect-Pest Management and Control. In: Principles of Plant and Animal Pest Control. Natl. Acad. Sci. Pub., Washington, D. C. pp.448-449.
- Newsom L D, Brazzel J R (1968) Pests and their control. In: F.C. Elliot, M. Hoover and W.K. Porter (Editors), Advances in Production and Utilization of Quality Cotton: Principles and Practices. Iowa State University Press, Ames, IA, pp. 367-405.
- Norton G A (1976) Analysis of decision making in crop protection. *Agroecosystems* 3:27 -44.
- Pantoja, A, Smith, C M, Robinson, J F (1986a) Effects of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on rice yields. *Journal of Economic Entomology*, v.79, n.5, p.1324-1329, Oct.
- Pedigo L P (1989) Entomology and pest management. MacMillan Publishing Company.
- Pedigo L P (1995) Entomology and pest management. Second Edition. Prentice Hall, 1995.
- Pedigo L P (1999) Entomology and pest management. Third Edition. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 691 pp.
- Pedigo L P (2001) Entomology and pest management. Fourth Edition. Prentice Hall.
- Pedigo L P, Rice, M E (2005) Entomology and pest management. Fifth edition. Prentice Hall.
- Pedigo L P, Rice, M E (2014) Entomology and pest management. Sixth Edition. Waveland Press, 784 pp.
- Pedigo L P, Hutchins Sh. H, Higley L G (1986). Economic injury levels in theory and practice. *Annual Review of Entomology* 31:341-368.
- Pedigo L P, Higley L G (1992) The economic injury level concept and environmental quality: a new perspective. *American Entomologist* 38:12-21.
- Pierce W D (1934) At what point does insect attack become damage? *Entomological News* 45: 1-4.
- Ray F S (1969) The importance of economic injury levels in the development of integrated pest control programs. *Qualitas Plantarum et materiae Vegetabiles*, Volume 17, Issue 2, pp 81-92.

- Ray F S, Gordon L S (1949) Supervised Control of Insects, utilizes parasites and predators and makes chemical control more efficient, California Agriculture.
- Stern V M, Smith R F, van den Bosch R, Hagen K S (1959) The integrated control concept. *Hilgardia* 29:81- 101
- Stern V M (1966) Significance of the economic threshold in integrated pest control. Proc. F. A. O. Symposium on integrated pest control. 2, pp. 4 1-56.
- Stern V M (1973) Economic thresholds. *Ann. Rev. Entomol.* 18:259- 80 79.
- Stern V M (1975) The bioeconomics of pest control. *Iowa State J. Res.* 49:467- 72 80.
- Southwood T R E, Norton G A (1973) Economic aspects of pest management strategies and decisions. In *Insects: Studies in Population Management*, ed. P. W. Geier, L. R. Clark, D. J. Anderson, H. A. Nix, pp. 168-84. Canberra: Ecol. Soc. Aust.
- Stone J D, Pedigo L P (1972) Development and economic-injury level of the green cloverworm on soybean in Iowa. *J. Econ. Entomol.* 65:1 97-201.
- Turnbull A L, Chant D A (1961) The practice and theory of biological control of insects in Canada. *Can J Zool* 39:697-753.
- Waibel H (1986) *The Economics of Integrated Pest Control in Irrigated Rice*. Crop Prot. Monogr. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

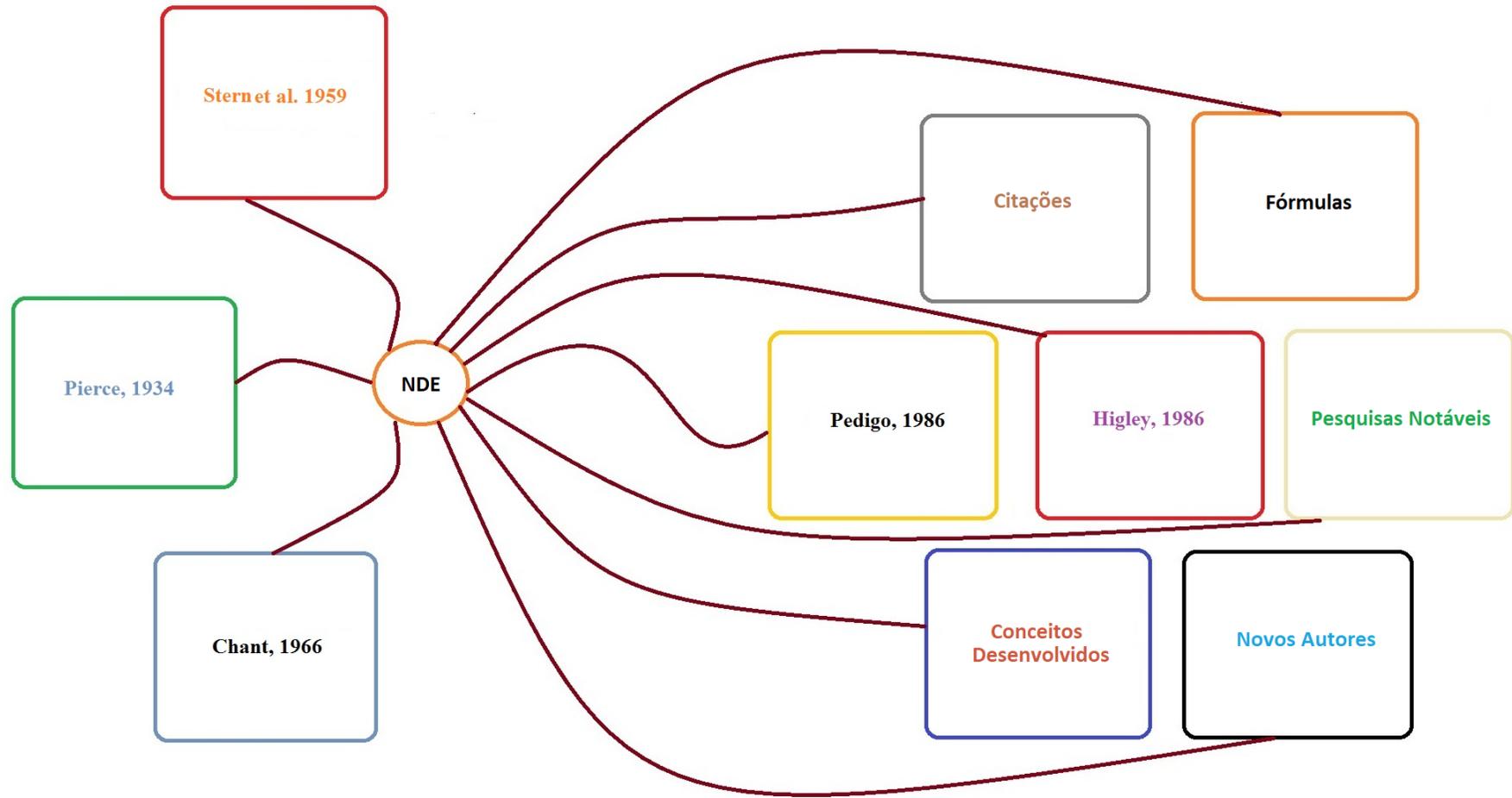


Figura 1. Fluxograma descrevendo a estrutura lógica da revisão.

Tabela 1. Nomenclatura de diferentes autores e suas opiniões.

Autor(es)	Terminologia/ idéias	Opiniões
Pierce (1934)	Apoiou a união de assuntos para análise como: rendimento, potencial de produção e ataque de insetos.	O dano real ocorre quando os insetos reduzem o rendimento abaixo da capacidade produtiva normal da cultura.
Michelbacher (1945)	Ele apoiou a idéia de "Controle supervisionado".	Mostrou a mudança gradual para a dependência de agroquímicos (pesticidas).
Michelbacher (1952)	"Controle integrado".	Foi o primeiro a usar a expressão "controle integrado".
Stern <i>et al</i> (1959)	"Nível de dano econômico".	A menor densidade populacional que causará danos econômicos.
	"Limiar Econômico".	A densidade em que as medidas de controle devem ser tomadas para evitar que uma população de pragas cresça e atinja o NDE. Enfatizou a relação da quantidade de pragas e danos.
	"Posição de Equilíbrio Geral".	A densidade média de uma população ao longo de um período (geralmente longo) na ausência de mudanças ambientais permanentes.
Geier e Clark (1960 e 1966)	"Manejo de Proteção Populacional"	Encurtado por Geier (1960) para "gestão de pragas"

Chant (1966)	"Limiar de Ação"	Considerando a existência de um momento de ação para o controle.
FAO (1966)	"Densidade Populacional Crítica"	Sugestão para alterar o nome do NDE.
Newsom e Brazzel (1968)	"Manejo Integrado de Pragas"	Publicou o primeiro registro da expressão "Manejo Integrado de pragas".
Waibel (1986) apud: Sylvén, (1968)	"Limiar de controle"? "Limiar econômico"?	Existem casos em que uma população de pragas pode estar causando danos econômicos, mas pode não haver métodos satisfatórios de controle.
	"Limite crítico de dano"	Considerou este termo mais preciso e descritivo.
Ray (1969)	Concordou com Sylvén. Ele concluiu que há vantagens em usar o termo "econômico".	É mais fácil de ser entendido pelos produtores e seu uso é mais generalizado.
	"Limiar de tolerância ao dano"	Definiu os objetivos do esforço de controle integrado.
	Qual é então o nível de dano econômico?	É o ponto abaixo do qual a praga e o consequente dano podem ser tolerados e acima dos quais não pode ser tolerado.

National Academy of Sciences (1969)	“Controle Integrado”	"Utilização de todas as técnicas adequadas para reduzir e manter populações de pragas a níveis inferiores aos que causam danos à importância econômica para a agricultura e silvicultura, ou reunir dois ou mais métodos de controle em um sistema harmonizado destinado a manter pragas em níveis inferiores aos que elas causam danos ... "
Headley (1972a)	"Nível ótimo da população de pragas"	A população que produz um dano incremental igual ao custo de prevenir esse dano.

Tabela 2. Modelos matemáticos utilizados para descrever o surgimento do estudo do NDE.

Fórmula Matemática	Modelo	Referência
$C(a) \leq Y[s(a)] * P[s(a)] - Y(s) * P(s)$	Eles desenvolveram uma idéia de dano econômico (ED) em termos de valor monetário através da desigualdade	Southwood e Norton (1973)
$GT = \frac{C(a)}{P[s(a)]}$	Desenvolveu o estudo relacionado à perda de produção comercializável, denotada como limite de ganho (GT) diferente de	Pedigo e Stone (1972)

	(ED) criado por Southwood e Norton (1973) e escreveu que a perda de qualidade é absorvida como rendimento.	
$p d \theta$	A perda de receita associada ao ataque de gafanhoto.	Norton (1976),
$p d \theta k$	A redução na perda.	
$p d \theta k > c$	Foi lucrativo aplicar dicloropropeno - DD quando	
$(\theta) = \frac{c}{pdk}$	O nível de ataque em que se torna rentável para aplicar dicloropropeno DD	
$NDE = \frac{C}{V \bullet b \bullet k}$	Sugeridas pequenas modificações no modelo Norton (1976) para uso nas práticas de manejo de insetos.	Pedigo <i>et al</i> (1986)

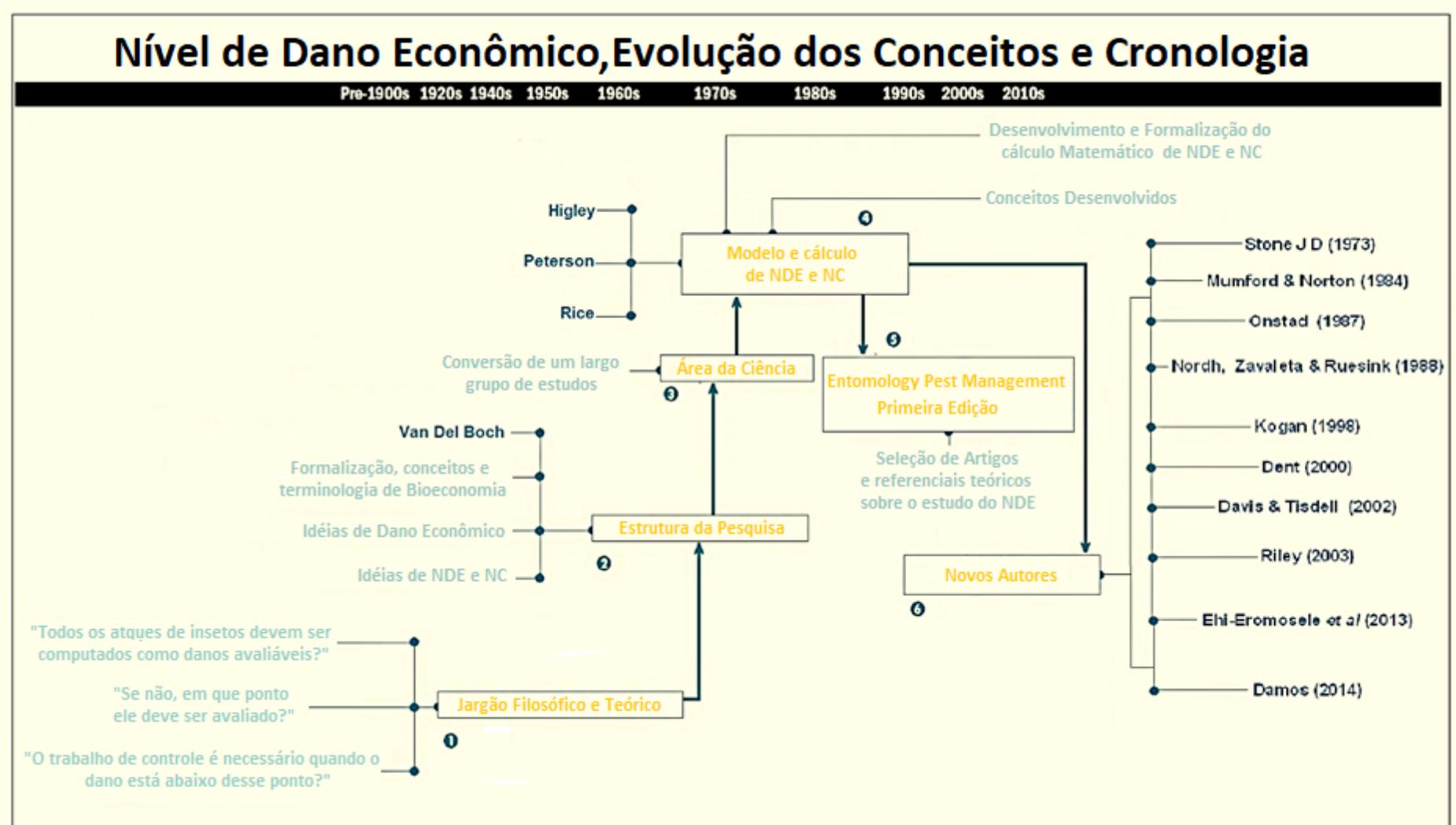


Figura 2. Cronologia histórica do NDE.

**ARTIGO 2:****SECTION PEST MANAGEMENT****3 DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO MODELO DE CÁLCULO DE NÍVEL DE DANO ECONÔMICO - NDE: NOVOS PARÂMETROS, NOVOS PARADIGMAS.**

FLI MARTINS<sup>1,2</sup>, DA MAGANO<sup>1</sup>, JVC GUEDES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Federal University of Santa Maria, Ave. Roraima 1000, build 42, UFSM / PPGEA, Santa Maria, RS, Brazil

<sup>2</sup>Federal University of Pampa, St. Luiz Joaquim de Sá Brito, Itaqui, 97650-000, RS, Brazil

<sup>3</sup>Dr. in Entomology, Federal University of Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil, Ave. Roraima 1000, build 42, UFSM / DFS; UFSM / PPGEA, Santa Maria, RS, Brazil

**Correspondence**

Fábio Lucas Izaguirre Martins, Federal University of Santa Maria, Ave. Roraima 1000, build 42, UFSM /PPGEA, Santa Maria, RS, Brazil, [fabiolucasimartins@gmail.com](mailto:fabiolucasimartins@gmail.com), [phone +5555981163418](tel:+5555981163418), [fax](tel:+5555981163418)

**Desenvolvimento de um novo modelo de cálculo de Nível de Dano Econômico – NDE: novos parâmetros, novos paradigmas.****3.1 Resumo**

Os danos que os percevejos causam à soja (*Glycine max* L. Merrill), são enormes reduzindo diretamente o rendimento da cultura. A fórmula de cálculo do Nível de Dano Econômico - NDE é uma excelente alternativa para a prevenção de prejuízos financeiros causados por percevejos na cultura de soja no Brasil. O desconhecimento de muitos agricultores sobre os danos de percevejos, seu comportamento, e sua tolerância a inseticidas, aliado a falta de tecnologias que apoiem a tomada de decisão, geram um acréscimo no número

de aplicações, desnecessárias, refletindo no aumento do custo da produção. As variações nos parâmetros (custo de controle, valor da produção, taxa de perda de rendimento e eficiência do controle) causam alterações no cálculo do NDE, mas geralmente considera-se os danos em função dos níveis populacionais e períodos de exposição que a planta suporta sem influenciar economicamente no rendimento, como referência para tomada de decisões. Neste artigo estudou-se os parâmetros utilizados para o cálculo do NDE e diversos modelos de cálculo do NDE. Foram padronizados os dados sobre custo de controle, sobre valor da produção, sobre a taxa de perda de rendimento e eficiência de controle, criando margens de confiança dos resultados e ajustando o modelo de cálculo do NDE a realidade agrícola atual. Com essas intervenções buscou-se verificar quais alterações nos parâmetros do modelo poderiam influenciar positivamente na obtenção de um aumento na produtividade por meio de recomendações de controle eficientes, considerando os resultados do cálculo do NDE como principal referência para tomada de decisão.

Palavras chave: Modelagem, NDE, Manejo integrado de pragas, Estudo de dados, Tomada de decisão.

### 3.2 Abstract

The damage that bedbugs cause to soybeans (*Glycine max* L. Merrill), are enormous, directly reducing crop yield. The formula for calculating the Economic Injury Level - EIL is an excellent alternative for the prevention of financial losses caused by bedbugs in the soybean crop in Brazil. The lack of knowledge of many farmers, about caused bed bug damage, their behavior, and insecticide tolerance, together with the lack of data, together with the lack of technology that supports decision making, generate an increase in the number of applications, unnecessary, reflecting the increase in the cost of production. Variations in the parameters (control cost, production value, yield loss rate, and control efficiency) cause changes in the EIL calculation, but damages are generally considered as a function of population levels and

periods of exposure that the plant supports without economically influencing yield as a reference for decision making. In this paper, it was studied the parameters used to calculate EIL and several EIL calculation models.

Data on control cost, production value, yield loss rate and control efficiency were standardized, creating confidence margins and adjusting the EIL calculation model to the current agricultural reality. With these interventions it was sought to verify which changes in the parameters of the model could positively influence the attainment of an increase in productivity through efficient control recommendations, considering the results of EIL calculation as the main reference for decision making.

**Keywords:** Modeling, EIL, Integrated Pest Management, Data study, Decision making.

### 3.3 Introdução

A modelagem é utilizada na área entomológica para auxiliar o estudo de comportamento de diversas situações, como: a) prever tendências futuras das populações de insetos-praga, b) determinar tomadas de decisões, c) elaborar estratégias para aperfeiçoar o processo estudado, resultando em maior confiabilidade da pesquisa, d) estudar os fatores que alteram a produtividade ou permitam a diminuição dos custos Pierce (1934), Stern et al. (1959), Norton (1976), Pedigo (1986), Michelbacher (1945).

A maior dificuldade na determinação dos fatores que regulam os resultados do cálculo do NDE, está em reunir os dados complexos necessários e analisá-los para extrair a informação que se deseja, afim de elaborar recomendações de tomada de decisão amparadas no comportamento da situação problema, tendo informações comprovadamente realistas.

Para Stern (1973), a abordagem de tomada de decisões no controle de pragas era realizada em um contexto obscuro de informações, que eram interpretadas erroneamente e de

forma fracionada, especialmente quando não havia diretrizes para produzir valores relacionados a relação produtividade/pragas.

Nesta pesquisa relacionou-se diretamente a produtividade a densidade de insetos e a quantidade de dano que essas pragas podem causar em determinada área em um determinado intervalo de tempo. Para tal, formulou-se uma tabela de impactos econômicos com diversos cenários, diversificando o custo de controle, o valor da produção, a taxa de perda de rendimento e a eficiência do controle químico.

#### 3.4 Contexto histórico de autores do estudo do NDE e suas concepções.

A cronologia temporal dos conceitos do NDE deve considerar: a) Pierce (1934), o autor do jargão filosófico e teórico do estudo de NDE; b) Michelbacher (1945), primeiro a utilizar a expressão controle integrado; c) Smith e Gordon (1949), autores que enfatizaram o estudo do dano e não o número de pragas, relacionando o dano com os objetivos do controle integrado; d) Stern e Hagen coautores com Smith e van den Bosch (1959), formalizaram o estudo sobre NDE criando as notações e conceitos; e) Chant (1966), agrupou os estudos dos diversos autores que estudou e criou uma área da ciência denominada Bioeconomia; f) Sylvén (1968), falou sobre não haver métodos satisfatórios de controle e sugeriu o termo limiar de prejuízo crítico; g) Smith (1969), considerou que os objetivos de gestão deveriam ser definidos em termos de danos e não de densidade de pragas; h) Headley (1972), elaborou uma definição de limiar econômico bastante rigoroso com o mínimo de ambiguidade. i) Stone e Pedigo (1972), relacionaram seus estudos à perda de produção comercializável; j) Stern (1973), reafirmou o conceito de controle exagerado de pragas na época, que em muitas vezes não se considerava no estudo do NDE; l) Southwood e Norton (1973), desenvolveram o primeiro modelo matemático do estudo de NDE; m) Norton (1976), desenvolveu o modelo considerado como modelo geral de cálculo de NDE; n) Pedigo, Hutchins e Higley (1986) desenvolveram o

estudo do modelo matemático de NDE que mais se assemelhava a realidade agrícola, conforme pode-se acompanhar na Fig 1.

### 3.5 Revisão dos modelos de cálculo do NDE.

Basicamente são quatro os modelos matemáticos de cálculo do NDE iniciando com Southwood e Norton (1973), que desenvolveram a ideia de dano econômico (ED) em termos monetários, utilizando a inequação:  $C(a) \leq Y[s(a)] * P[s(a)] - Y(s) * P(s)$ , onde  $Y$  = rendimento,  $P$  = preço por unidade de rendimento,  $s$  = nível de injúria da praga,  $a$  = ação do controle [ $s(a)$  é o nível de injúria modificado pela ação do controle],  $C$  = custo da ação do controle.

Pode-se considerar que o termo  $Y[s(a)] * P[s(a)] - Y(s) * P(s)$  na inequação proposta por Southwood e Norton (1973) é o benefício econômico gerado pela tomada de decisão. Se esta medida de controle for aplicada no momento correto, esse termo terá um valor maior que o custo da ação de controle, portanto sendo eficiente a decisão, caso contrário se esse termo for igual ao custo de controle não irá gerar retorno econômico uma vez que o custo de controle será igual ao benefício econômico.

De outro lado Pedigo e Stone (1972), estudaram a perda de produção comercializável, denotando como limiar de ganho (GT) diferente de (ED) criado por Southwood e Norton (1973) e escreveram que a perda de qualidade é absorvida como rendimento, usando:

$$GT = \frac{C(a)}{P[s(a)]}$$

Tornar uma inequação em uma igualdade e considerar que a perda de qualidade é absorvida no rendimento, foi uma simplificação muito eficiente e sem perda de representação da realidade, visto que as perdas de qualidade eram relacionadas a injúria e não especificamente ao dano.

Por sua vez Norton (1976), escreveu que a perda de receita associada ao ataque de insetos na cultura de batata é dada pela expressão:  $p d \theta$  e a redução na perda pode ser expressa como  $p d \theta k$ . Conseqüentemente, era lucrativo aplicar o dicloropropeno - DD para  $p d \theta k > c$ , quando a redução da receita perdida era maior do que o custo da medida de controle. Isto é, o nível de ataque no qual se torna lucrativo aplicar o DD:  $\theta > \frac{c}{p d k}$ , onde  $\theta$  = o nível de ataque de pragas em termos de ovos/g de área,  $d$  = coeficiente de dano, expresso em toneladas/ha perdido, por cada ovo/g,  $p$  = o preço das batatas/ton,  $k$  = a redução proporcional no ataque associado à aplicação do DD, e o parâmetro  $c$  = o custo de aplicação do DD/ha.

Pedigo, Hutchins e Higley (1986) sugeriram pequenas modificações no modelo de Norton, para uso no manejo de insetos-praga, eles escreveram que o NDE podia ser expresso como:  $V \bullet I \bullet P \bullet D = C$ , onde  $V$  = valor de oferta para venda por unidade de produção,  $I$  = unidade de injúria por inseto por unidade de produção,  $P$  = densidade ou intensidade da população de insetos-praga,  $D$  = dano por unidade de injúria,  $C$  = custo do manejo por área.

Então:  $P = \frac{C}{V \bullet I \bullet D}$  e  $NDE = P$  havendo alguma perda por inseto, logo a relação

torna-se:  $NDE = \frac{C}{V \bullet I \bullet D \bullet K}$  sendo  $K$  a proporção de redução de potencial de injúria ou

dano, ou em outras palavras  $K$  é a eficiência do controle. Quando existia a dificuldade em obter os parâmetros  $I$  e  $D$  considerava-se apenas a igualdade  $b = I \bullet D$  onde o parâmetro  $b$  “perda por inseto” era obtido por meio de uma análise estatística de regressão linear de dados.

Logo obtinha-se:  $NDE = \frac{C}{V \bullet b}$  ou  $NDE = \frac{C}{V \bullet b \bullet K}$ .

Outras modelagens destacadas foram feitas por novos autores, começando por Metcalf e Luckmann que no livro “Introduction to Insect Pest Management” de 1975, afirmaram que

“a relação entre a perda de rendimento e a densidade populacional é, em alguns casos, linear”. Entretanto, os diversos autores aqui estudados, não explicam se foram utilizados outros ajustes além do linear e quando era empregado o ajuste linear, qual a razão de ser aplicado esse tipo de ajuste, uma vez que a relação é fiel a realidade em somente alguns casos e não em todos os casos. Dessa maneira, deve-se estudar outros ajustes, por estes terem menor erro e maior certeza, ajustando-se de forma mais realista aos dados.

Nesse artigo, as investigações em estudos sobre NDE a partir do ano de 1987 foram expressas com o nome “novos autores”, que foram escolhidos por apresentarem modelos com inclusões de novas variáveis, distintas dos autores clássicos. Esta revisão resultou na Tabela 1, listando os autores e como eles denotavam os custos de controle, o valor da produção, o dano à cultura, quais as constantes de eficiência utilizadas, outros parâmetros relevantes e suas fórmulas de cálculo do NDE, sendo descrito o NDE como Economic Injury Level - EIL.

### 3.6 Modelagem do nível de dano econômico

A modelagem em geral é dividida em quatro partes, sendo elas, a observação, a modelagem propriamente dita, a previsão e a recomendação efetuada após a elaboração do modelo. A observação é constituída de etapas como, aquisição e estudo dos dados, uso do conhecimento empírico e elaboração de perguntas sobre o evento. Na modelagem tem-se a criação do(s) modelo(s), que represente(m) de forma mais próxima possível a realidade de uma situação, buscando resultados práticos e úteis. Na previsão são feitas as simulações para verificar tendências, que até o momento são invisíveis ou imensuráveis, com o intuito de validação do modelo, ou para mostrar que o modelo ainda não é preciso, necessitando de alterações e adequações.

No caso de modelagem de danos de percevejos, o modelo aqui proposto diferencia-se dos demais, porque consideraram-se diversas alterações na modelagem, como a introdução de

variações na formulação dos custos de controle, a introdução da amplitude da eficiência do controle e as alterações na modelagem do cálculo da taxa de perda de rendimento.

Denotou-se no modelo  $C_o$  como custo operacional por área, sendo este chamado de  $C_{oc}$  custo operacional contratado somado ao  $C_{op}$  custo operacional promovido pelo produtor, ou seja,  $C_o = C_{oc} + C_{op}$ , na presença do  $C_{oc}$  o valor  $C_{op}$  será zero, e vice-versa. Em ambos os casos tem-se: o custo do serviço de aplicação  $C_s$  (são os custos para aplicar ou pulverizar, que pode ser contratado com terceiros ou executado pelo próprio agricultor, quando efetuado deve considerar-se o custo /ha, para ter corrigido gastos com combustível, as horas máquina, horas homem trabalhadas, etc), somado com o custo dos produtos  $C_p$  no caso do uso de somente um produto (inseticida) utilizado para um alvo determinado a priori tem-se:  $C_{oc} = C_s + C_p$  ou  $C_{op} = C_s + C_p$ . Portanto, tem-se: somente  $C_{oc} = C_s + C_{ia} * N_a$  ou somente  $C_{op} = C_s + C_{ia} * N_a$  onde  $C_{ia}$  é o custo do inseticida “a”, e o parâmetro  $N_a$  indica o número de aplicações.

Considerando os modelos anteriores e o contexto entomológico do estudo, propomos as seguintes expressões:

$$NDE = \frac{C_o}{V * b * k} \quad \text{com} \quad V > 0, b > 0 \text{ e } k > 0. \quad NDE = \frac{C_{oc} + C_{op}}{V * b * k}$$

$$\text{Obtendo-se: } NDE = \frac{C_s + C_{ia} * N_a}{V * b * k}$$

Observação: na presenta de outro produto ou mais que um produto, e sendo efetuado o controle de forma contratada, ou efetuado pelo próprio produtor dividisse  $\frac{C_s}{n}$  ficando

$C_{oc} = \frac{C_s}{n} + (C_{ia} + C_{pb}) * N_a$  ou  $C_{op} = \frac{C_s}{n} + (C_{ia} + C_{pb}) * N_a$ , sendo  $n$  a quantidade de produtos utilizados de forma compartilhada no serviço, sendo  $C_{pb} = \sum_1^n C_{p_i}$ .

Portanto, generaliza-se a seguinte expressão:

$$NDE = \frac{\frac{C_s}{n} + (C_{ia} + C_{pb}) * N_a}{V * b * k} \text{ com } V > 0, b > 0, n \in \mathbb{N}^*, k > 0.$$

Na falta do cálculo do custo operacional, utiliza-se como facilitador o cálculo do custo geral da aplicação terrestre tratorizada de inseticida na cultura e o cálculo do custo geral da aplicação aérea de inseticidas na cultura disponibilizado como Apêndice 1 e Apêndice 2.

Destaca-se que eficiência do controle de 80% é relacionado a supressão de 80% dos insetos-praga e não a eficiência em controlar o NDE em 80%, o NDE vai depender de outras variáveis e portanto é uma modelagem mais complexa, no entanto, engloba a eficiência do controle que não é total e a resistência do ambiente, que são as causas bióticas e abióticas de morte do inseto-praga, exceto pelo inseticida aplicado.

Utilizou-se como critério para obtenção do grau de eficiência do controle químico a fórmula de Abbott (1925), delimitando para variável  $k$ , em margens de valores descritos da seguinte forma: denotamos como intervalo 1 com eficiência maior que 80% e menor ou igual a 85%, intervalo 2 com eficiência maior que 85% e menor ou igual a 90%, intervalo 3 com eficiência maior que 90% e menor ou igual a 95% e intervalo 4 com eficiência maior que 95% e menor ou igual a 100%.

Intervalo 1	$80\% < \text{eficiência} \leq 85\%$
Intervalo 2	$85\% < \text{eficiência} \leq 90\%$
Intervalo 3	$90\% < \text{eficiência} \leq 95\%$
Intervalo 4	$95\% < \text{eficiência} \leq 100\%$

Logo a expressão com alterações na eficiência do controle químico e na resistência do ambiente fica descrita por:

$$NDE = \frac{\frac{C_s}{n} + (C_{ia} + C_{pb}) * N_a}{V * b * (k_{cq} + R_a)} \text{ com } V > 0, b > 0, n \in \mathbb{N}^*, k_{cq} \text{ e } R_a > 0.$$

Na modelagem do dano econômico alterou-se o tipo de ajuste dos dados, o ajuste linear (AL) considerando  $b_l$  dano com ajuste linear, o ajuste exponencial (AE) considerando  $b_e$  dano com ajuste exponencial e ajuste sigmoidal (AS) considerando  $b_s$  dano com ajuste sigmoidal, todos ajustes propostos para calcular o coeficiente  $b$ . Destaca-se que todos autores anteriormente citados utilizam-se de inúmeros conceitos, sem considerar no gráfico a perda de rendimento propriamente dita, e também sem utilizar a estimativa de rendimento.

Na equação geral de cálculo de  $NDE = \frac{C}{V \bullet b \bullet K}$  considera-se somente o valor  $b$  obtido na regressão linear  $y = bx + a$ , onde  $a$  é o rendimento testemunha,  $x$  é o número de insetos-praga e  $y$  é o rendimento obtido para cada valor de  $x$ , no entanto, todos os trabalhos pesquisados até o momento, em relação a curva ajustada apresentam o seguinte comportamento,  $\forall x_i \in A \text{ e } f(x_i) \in B \text{ tem-se: } x_{i+1} > x_i \rightarrow f(x_{i+1}) < f(x_i)$  sendo  $A$  o conjunto população de insetos-praga e  $B$  o conjunto rendimento, conforme verifica-se na Fig 2 a).

Considerando a estimativa de rendimento denotada por  $E_R$ , sendo esse valor igual a  $y_e = f(x_0) = E_R$  e para os demais  $E_n$  tem-se as diferenças  $(y_e - y_i)$ , onde  $y_i = f(x_i)$  com  $i \in \mathbb{N}^*$ , obtêm-se a Fig 2 b).

Ao considerarmos a estimativa de rendimento, também surge o conceito de perda de rendimento, que são os intervalos  $[0, E_n]$  com  $n \in \mathbb{N}^*$  descritos no eixo perda de rendimento.

Surge também o conceito porcentagem de perdas econômicas (Adaptado de Judenko 1973)

denotado por:  $PPE = \frac{E_n}{E_R} * 100$ , onde,  $PPE$  - Porcentagem de perdas econômicas;  $E_R$  -

Expectativa de rendimento na ausência de ataque de insetos-praga;  $E_n$  - Perda de rendimento para quantidade  $x_i$  de insetos-praga. Torna-se evidente que  $E_0 = E_R$ , ou seja, a perda de rendimento com zero insetos-praga é a perda de rendimento testemunha. Outro fato a destacar-se é que a medida que tem-se maior quantidade de insetos-praga, maior é a perda de rendimento.

Ao se efetuar essas alterações na modelagem da fórmula de cálculo do NDE se proporciona um novo comportamento referente a disposição dos pontos no gráfico, pode-se ajustar os dados de maneiras variadas, assemelhando o gráfico ainda mais a realidade. Portanto, foram feitos os ajustes pelas seguintes funções:  $y = b * x + a$  uma reta;  $y = a_1 X^n + a_2 X^{n-1} + a_3 X^{n-2} + \dots + a_{n-1} X^1 + a_n X^0$  polinômios de grau maior ou igual a dois;  $y = y_0 * e^{kx}$  exponencial e  $y = \frac{A}{1 + B * e^{-kx}}$  sigmoidal.

A fórmula do NDE será descrita de quatro formas distintas em relação a taxa de perda de rendimento:

$$NDE = \frac{C}{V \cdot b \cdot K} \left\{ \begin{array}{l} NDE = \frac{C}{V \cdot b_l \cdot K} \\ NDE = \frac{C}{V \cdot b_p \cdot K} \\ NDE = \frac{C}{V \cdot b_e \cdot K} \\ NDE = \frac{C}{V \cdot b_s \cdot K} \end{array} \right.$$

Sendo  $b_l$  quando  $y = b \bullet x + a$  sendo  $b_l = |b|$  para um determinado  $x_i$ ; Sendo  $b_p$  quando  $y = a_1 x^n + a_2 x^{n-1} + a_3 x^{n-2} + \dots + a_{n-1} x^1 + a_n x^0$  com grau  $\geq 2$  tem-se  $b_p = |y'(x_i)|$  para um determinado  $x_i$ ; sendo  $b_e$  quando  $y = y_0 e^{kx}$  tem-se  $b_e = |y'(x_i)|$  para um determinado  $x_i$  e  $b_s$  quando  $y = \frac{A}{1 + B \bullet e^{-kx}}$  tem-se  $b_s = |y'(x_i)|$  para um determinado  $x_i$ .

Para determinar o melhor ajuste, ou a melhor curva que se ajusta aos dados, basta verificar qual ajuste tem o menor erro. Sendo assim, por exemplo, considerando os dados obtidos e verificando que o menor erro é com o ajuste utilizando  $b_s$  considera-se na fórmula de cálculo do NDE  $b = b_s = |y'(x_i)|$ , como taxa de perda de rendimento e não mais somente o ajuste linear. Logo, não se tem um único ajuste para  $b$ , como todos os autores estudados descrevem, fato que possibilita alterações na modelagem e proporciona a abertura de um estudo vasto sobre quais ajustes utilizar para determinar a taxa de perda de rendimento.

Logo na Tabela 2, para facilitar o entendimento das alterações propostas nesta pesquisa, são apresentadas as notações, a definição e o valor correspondente dos parâmetros propostos para compor as alterações no modelo e na Fig 3 (da base no sentido horário até chegar no novo modelo), é feita a representação do desenvolvimento do modelo de cálculo do NDE, iniciando com as fórmulas de Pedigo 1986 até chegar na fórmula aqui proposta do cálculo do NDE.

### 3.7 Material e métodos

As simulações foram feitas no Matlab, 5.3 da Unipampa, Campus Itaquí, como o NDE variando em função dos preços de mercado, essas variações foram expressas da seguinte

forma: em função do valor de oferta para venda da saca de soja de 60 kg por unidade de produção, que teve amplitude de R\$ 40,00 ao valor de R\$ 90,00.

Variou em função do custo de controle por ha, considerando as seguintes relações: número de aplicações de 2 até 5; custo do inseticida R\$ 10,00 até R\$ 81,75 considerando as dosagens específicas de cada produto por ha; custo do serviço de R\$ 15,00 até R\$ 35,50 em relação a forma que efetuou-se cada aplicação, se foi com maquinário, ou o próprio agricultor que efetuou as aplicações, obtendo-se portanto, um custo de controle com uma amplitude de valores de R\$ 50,00 com duas aplicações a R\$ 586,25 com cinco aplicações.

A eficiência do inseticida com amplitude de 70% até 100%, considerando 10% abaixo da eficiência de produtos que são registrados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária - MAPA, afim de extrapolar os possíveis cenários de comportamento dos resultados.

Os dados de perda de rendimento foram obtidos de experimentos com percevejo *Nezara viridula* por Gassen (1980), Gamundi et al. (2003), Gamundi e Sosa (2007), Correa-Ferreira (2005), Correa-Ferreira et al. (2013), Villas Boas et al. (1990), Binboni (1977), Brier (1987), Todd (1974), Russin (1985), McPherson et al. (1979), Boethel (2000) e Gazzoni (1998). O NDE também variou em função da taxa de perda de rendimento para o inseto-praga *N. viridula*, com amplitude de 0,26 g/m<sup>2</sup> a 7 g/m<sup>2</sup>. E as margens aqui descritas estão em harmonia com cenários reais, podendo a partir do modelo consolidado utilizar outras margens para previsões futuras.

Foi utilizada a escala fenológica da soja, seguindo os critérios propostos por Fehr et al. 1971 e adequações, as cultivares descritas no estudo foram consideradas com base nas referências do trabalho, sendo essas divididas pelo tipo de ciclo, sendo classificadas por semi-precoce e tardio. Denotamos como Período de Convivência Padrão – PCP um período de tempo de 14 dias, amparados pelas seguintes justificativas: a) Fatores Biológicos do inseto-praga *Piezodorus guildini*, *Euschistus heros* e *Nezara viridula*; b) Alto risco de dano

para períodos maiores que 14 dias, já que o crescimento populacional do inseto-praga comportar-se de forma exponencial em curto período de tempo; c) Intervalo de amostragem; e d) Intervalo de aplicação.

### 3.8 Resultados e discussão

A modelagem é utilizada como referência na Entomologia. Entretanto, o advento de novas tecnologias cria possibilidade de preencher lacunas no processo de desenvolvimento da modelagem, na organização de uma cronologia histórica dos principais autores e na elaboração das fórmulas de cálculo do NDE. Afim de explorar as alterações e mostrar o quanto é significativo usar outros ajustes no modelo para os dados de perda de rendimento, utilizando os dados de diversos trabalhos e efetuando a regressão pelos quatro métodos descritos anteriormente ficou demonstrado que o ajuste linear nem sempre é o melhor.

Logo, a curva que melhor se ajusta aos dados, ou seja, que melhor representa o comportamento dessa situação pode ser uma parábola, uma exponencial, ou ainda uma sigmoidal, por ter o menor erro. Pode-se obter como resultado várias formas de representação do comportamento dos dados, visto que basta alterar o ajuste, como exemplo na Fig 5 a), b), c) e d) o resultado com menor erro foi o do ajuste com um polinômio de grau 2.

Foi feito um comparativo, entre as quatro formas de modelar a taxa de perda de rendimento e suas variâncias, afim de aferir o modelo mais eficiente em relação aos dados experimentais estudados em referências catalogadas ao fim do artigo, obtendo o ajuste mais realista possível.

### 3.9 Argumentos de saída e resultados estatísticos.

Os resultados estatísticos foram feitos para os ajustes e são exibidos no painel de resultados no aplicativo Curve Fitting, onde pode-se comparar os resultados, estudando validação cruzada, incerteza e verificar qual é o melhor ajuste. Dentre os comportamentos

obtidos considera-se para tomada de decisão, de qual o melhor modelo, a análise dos argumentos de saída conforme pode ser visto na Tabela 3 e no caso específico na Fig 4, onde foram analisados valores das populações de insetos-praga, a perda de rendimento e alterou-se o modelo de quatro maneiras: ajuste linear, exponencial, sigmoidal e polinomial de segundo grau.

Na Fig 5 tem-se quatro gráficos representando o comportamento da taxa de perda de rendimento x quantidade de inseto, onde foram feitas simulações para quatro tipos diferentes de ajuste, sendo 5 a) o ajuste linear, 5 b) o ajuste é pela função exponencial, 5 c) o ajuste é pela função sigmoidal e 5 d) o ajuste por polinômio de grau dois. Verifica-se que ao comparar os dados da tabela dos argumentos de saída, fica evidente que o ajuste com o modelo polinomial de grau 2 é o mais útil para representar com mais realidade a correlação entre os dados observados e os valores ajustados. Em virtude do R-quadrado ser mais próximo do valor um, no ajuste pelo polinômio de grau dois, pode-se dizer que uma maior proporção de variância nos dados é explicada por esse modelo, portanto o melhor modelo é o ajuste polinomial de grau dois. As simulações efetuadas mostraram que o ajuste por uma reta não é o que representa melhor o comportamento dos dados e por esse motivo deve-se considerar uma gama maior de tipos de ajuste e determinar o melhor modelo utilizando os argumentos de saída como tomada de decisão.

Na Fig 6, tem-se o resultado da meta-análise de pesquisas que envolvem o inseto-praga *Nezara viridula* em diferentes fases de desenvolvimento da cultura da soja, com diferentes variedades de soja, locais diferentes, metodologias de cálculo de dano diferentes e por essa diversidade foi elaborada uma padronização efetuando pequenos ajustes para possibilitar o cálculo do dano causado pelo inseto e efetuar-se um comparativo. A Fig 6, apresenta dados de pesquisas com valores de danos causados por *Nezara viridula* de R<sub>1</sub> ao R<sub>8</sub>, representados em (kg/ha) por 1 perc./m<sup>2</sup> / dia.

Os resultados demonstram uma variação da estimativa de dano, com amplitude de 0,26 g/m<sup>2</sup> a 7 g/m<sup>2</sup> por dia. A variação do dano se deve pela utilização de metodologias diferentes nas pesquisas analisadas, em virtude de fatores ambientais diversos apresentados nos experimentos, e do comportamento alimentar do inseto-praga. A Fig 6 representa o comportamento do dano promovido por *Nezara viridula*, que dependendo do período de desenvolvimento da cultura, causa mais ou menos danos e conhecer tal comportamento propicia a elaboração de estratégias de controle mais eficientes, e serve de condições iniciais do modelo substituindo o parâmetro taxa de perda de rendimento.

Tomando o dano de um percevejo *Nezara viridula* em um dia, igual ao valor intermediário de 0,5 g/m<sup>2</sup> ao multiplicar esse valor por 35, período que corresponde aproximadamente ao tempo em dias da fase reprodutiva ao enchimento de grãos, tem-se 17,5. Portanto um percevejo causa um dano de 17,5 g/m<sup>2</sup> em 35 dias, e tem-se o dano de 10.000 percevejos igual a 175.000 g/ha em 35 dias, o que corresponde a 175 kg/ha de dano e dividindo esse valor por 60 kg tem-se 2,92 sacas/ha de perda.

Na Fig 7, 8 e 9, tem-se os danos de *Nezara viridula* para um período maior que R<sub>4</sub>, maior que R<sub>5</sub> e maior que R<sub>6</sub> respectivamente. Em um período maior R<sub>4</sub> a variação foi de 0,5 g/m<sup>2</sup> a 6,0 g/m<sup>2</sup> já para o período maior que R<sub>5</sub> a variação foi de 0,26 g/m<sup>2</sup> a 4,3 g/m<sup>2</sup> e em R<sub>6</sub> variou de 0,7 g/m<sup>2</sup> até 4,6 g/m<sup>2</sup> demonstrando que o maior dano foi em R<sub>4</sub>.

### 3.10 Discussão

A introdução de variações na formulação dos custos de controle, mostraram-se ser adequadas para a caracterização mais realista do problema. Utilizar-se do custo de controle como uma variação e com adequações na composição do valor do custo de controle, considerando os parâmetros: a) custo de aplicação terrestre ou aéreo, b) custo do pulverizador, c) custo do inseticida, configura-se em uma aproximação da realidade e por tanto deve ser considerado na elaboração da modelagem do cálculo do NDE. Além disso, a introdução da

amplitude da eficiência do controle criando margens de valores, mostraram-se ser alterações adequadas para a caracterização mais realista do problema. No cálculo do NDE até o momento considerava-se somente uma eficiência de 80%. No entanto, na realidade a eficiência está variando, em dependência do agroquímico utilizado no controle e do período de convivência inseto-praga com a cultura, ou seja, variar os dados da eficiência é uma aproximação de um cenário mais realista.

### 3.11 Conclusões

É indispensável modificar a fórmula do NDE nas variáveis custo de controle e no valor da produção, com margens de valores reais e atuais; e na amplitude da variação da eficiência que deve ser considerada na fórmula. Alterações para se aproximar da realidade, efetuadas em uma múltipla variação nos parâmetros, demonstrando-se diversos cenários;

Por outro lado, as alterações na modelagem do cálculo da taxa de perda de rendimento, provaram-se ser mais adequadas na representação do problema pesquisado, uma vez que o valor  $b$  calculado até o momento é ajustado por uma reta, e nesta pesquisa provou-se que nem sempre o melhor ajuste é o linear, necessitando um comparativo entre diversas formas de ajustar os dados, que pode ser feito com o estudo estatístico. Por fim, deve-se considerar um intervalo flutuante nos valores dos parâmetros e o uso de um software para simulações.

### Referências

Abbott W S (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-266.

Bimboni H (1977) Daños producidos em soja por diferentes densidades de población de chinche verde (*Nezara viridula*). Em *Actas V Reunión Técnica Nacional de Soja*. Miramar, Argentina, p.98-107.

Boas Villas et al. (1990). Efeito de diferentes populações de percevejos sobre o rendimento e seus componentes, características agronômicas e qualidade das sementes de soja. Londrina - PR.

Boethel D J et al. (2000). Delayed maturity associated with Southern green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) injury at various soybean phenological stages. *Journal of Econ. Entomology*, v. 93, n.3: 707-712.

Brier H B, Roger D J (1987) Susceptibility of soybeans to damage by *Nezara viridula* (l) (Hemiptera: Pentatomidae) and *Riptortus serripes* (f.) (Hemiptera: Alydidae) during three stages of pod development. *J. Aust. Ent. SOC.*, 30 123-128.

Brier H, Quade A, Wessels (2010) J. Economic thresholds for Helicoverpa and other pests In: Summer grains conference pulses-challenging our perceptions of pest damage, 1., 2010, Gold Coast. Proceedings... Gold Coast: [S.n.], p. 25.

Chant D A (1966) Integrated control systems. In *Scientific Aspects of Pest Control*, pp. 1 93-98. Washington, DC: Natl. Acad. Sci., Nat. Res. Counc. Publ. 1 402.

Fehr W R et al. (1971) Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* L. Merrill. *Crop Science*, Madison, v.11, n.6, p.929-931.

Gamundi J C, Andrian M L L, Bacigaluppo D N, Lago M E, Lenzi L, Randazzo P C, e Bodreiro M L (2003). Incidencia del complejo de chinches em el cultivo de soja com diferentes espaciamentos entre líneas. Para mejorar la producción, EEA Aoliveros. INTA. Oliveros. AR. n. 24.

Gamundi J C e Sosa M A (2007) Caracterización de daños de chinches en soja y critérios para la toma de decisiones de manejo. Revision y avances em el estudio de su ecologia y manejo, Ediciones INTA, Manfredi, p. 01-12.

Gassen D N (1980). Efeitos de níveis populacionais de *Nezara viridula* sobre a cultura de soja, em dois períodos de infestação. 1980. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Hassani M R, Nouri-Ganbalani G, Izadi H, Shojai M, Basirat M (2009) Economic injury level of the psyllid, *Agonoscena pistaciae*, on pistachio, *Pistacia vera* cv. Ohadi. *J Insect Sci* 9:40-44.

Headley J C (1972). Defining the economic threshold. In *Pest Control Strategies for the Future*, pp. 100-8. Washington DC: Nat. Acad. Sci.

Higley L G, Wintersteen W K (1992). A novel approach to environmental risk assessment of pesticides as a basis for incorporating environmental costs into economic injury levels, *Am. Entomol.*, 38 pp. 34–39

Judenko E (1973). Analytical method for assessing yield losses caused by pests on cereal crops with and without pesticides, *Trop. Pest Bull.* No. 2, Center for Overseas Pest Research, Oak House, Kent, U.K., 31.

Luckman W H e Metcalf R L (1975). The pest management, p. 3 - 35. In: R.L. Metcalf & W. H. Luckman (eds.), *Introduction to insect pest management*. New York, Willey & Sons, 135p.

McPherson R M, Newsom L D e Farthing B F (1979) Evaluation of four stink bugs species from three genera affecting soybean yield and quality in Louisiana. *Journal of Economic Entomology*, v.72, n. 2: 188–194.

Meyer John R, Departamento de entomologia da NC State University, acesso em [https://projects.ncsu.edu/cals/course/ent425/library/tutorials/applied\\_entomology/economics\\_pest\\_control.html](https://projects.ncsu.edu/cals/course/ent425/library/tutorials/applied_entomology/economics_pest_control.html), 20-03-2016.

Michelbacher A E (1945) The importance of ecology in insect control. *J. Econ. Entomol.* 38: 129-130.

- Norton G A (1976) Analysis of decision making in crop protection. *Agroecosystems* 3:27 -44.
- Pedigo L P, Hutchins Sh. H, Higley L G (1986). Economic injury levels in theory and practice. *Annual Review of Entomology* 31:341-368.
- Pedigo L P (1999) *Entomology and pest management*. Third Edition. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 691 pp.
- Pierce W D (1934) At what point does insect attack become damage? *Entomological News* 45: 1-4.
- Ray F S (1969) The importance of economic injury levels in the development of integrated pest control programs. *Qualitas Plantarum et materiae Vegetabiles*, Volume 17, Issue 2, pp 81-92.
- Ray F S, Gordon L S (1949) Supervised Control of Insects, utilizes parasites and predators and makes chemical control more efficient, *California Agriculture*.
- Russin J S, Layton M B, Orr D B e Boethel D J (1987) Within – plant distribution of, and partial compensation for, stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) damage to soybean seeds. *J. econ. Ent.* 80: 215–220.
- Southwood T R E, Norton G A (1973) Economic aspects of pest management strategies and decisions. In *Insects: Studies in Population Management*, ed. P. W. Geier, L. R. Clark, D. J. Anderson, H. A. Nix, pp. 168-84. Canberra: Ecol. Soc. Aust.
- Stone J D, Pedigo L P (1972). Development and economic-injury level of the green cloverworm on soybean in Iowa. *J. Econ. Entomol* 65:1 97-201
- Stern V M (1973). Economic thresholds. *Ann. Rev. Entomol.* 18:259- 80 79.
- Stern V M, Smith R F, van den Bosch R, Hagen K S (1959). The integrated control concept. *Hilgardia* 29:81- 101
- Todd J W e Turnipseed S G (1974) Effects of southern green stink bug damage on yield and quality of soybeans. *Journal of Economic Entomology*, Baltimore, 67: 421-426.

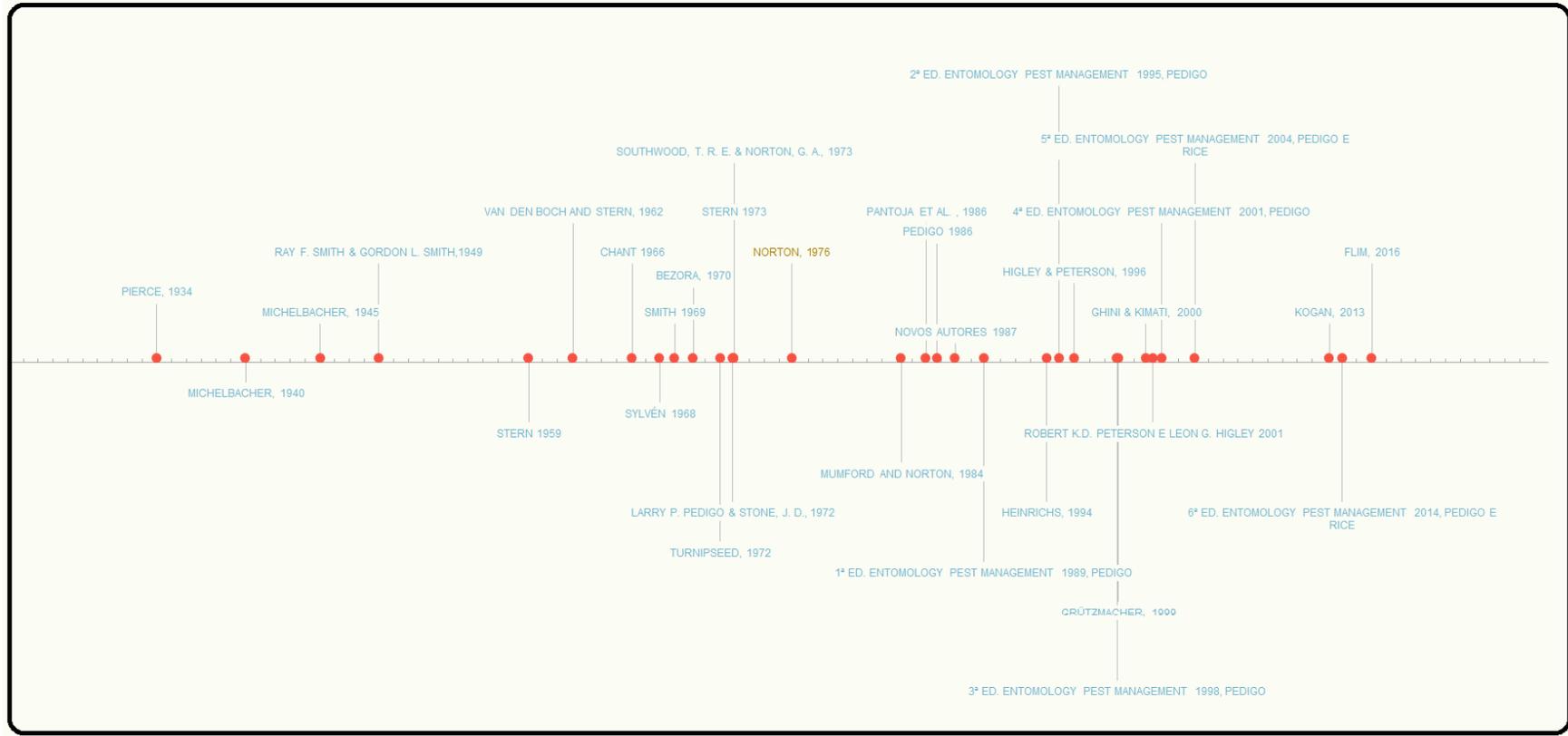


Figura 1. Cronologia do Estudo do NDE de 1934 até os dias atuais.

Tabela 1. Fórmulas do nível de dano econômico - NDE e parâmetros.

Autor	Fórmula EIL ou NDE	Custo(s)	Valor da produção	Dano	Constantes	Outros
Pedigo et al. (1986)	$EIL = \frac{C}{V * I * D}$	C / custo da atividade de manejo por unidade de produção	V / valor de mercado por unidade de rendimento			EIL / é o número de insetos-praga por unidade de produção I / unidades de ferimento por unidade de produção de pragas (proporção de desfolha por inseto por acre) D / danos por unidade de lesão (rendimento de perda por acre ou proporção desfolhadas)
Metcalf e Luckmann (1975)	$EIL = \frac{PC - EC}{V * D * I * K}$			D / perda de rendimento em função de lesão total da cultura I - lesão cultura por densidade de pragas	K / redução proporcional em ferimentos à utilização de pesticidas	PC / custos e aplicação de pesticidas EC / custos ambientais

Pedigo et al. (1999)	$EIL = \frac{C}{V * b * K}$	C / Custo de controle	V / Valor de Mercado da produção	b / Taxa de perda de rendimento por inseto	K – redução proporcional de potencial de injúria ou dano - redução proporcional no ataque de pragas	
Pedigo et al. (1999)	$ET = EIL * c^{-x}$					c / fator de aumento da população por semana x / tempo em semanas entre o crescimento das plantas estágios 31 e 39.
Pedigo et al. (1999)	$EIL = \frac{C + EC}{V * I * D * K}$	C / Custo de controle	V / Valor de Mercado da produção		K / redução proporcional de potencial de injuria ou dano.	I / unidades de ferimento por unidade de produção de pragas (proporção de desfolha por inseto por acre) D - danos por unidade de lesão (rendimento de perda por acre ou proporção desfolhadas)
Meyer (2016)	$EIL = \frac{C * N}{V * I}$	C / custo da unidade de controle da praga, por exemplo, \$ 20/acre.	V / valor unitário da mercadoria.	I / porcentagem da unidade de mercadoria ferida.		N / é o número de pragas ferindo a unidade de produto.

Hassani et al. (2009)	$EIL = \frac{C}{V \bullet b \bullet K}$	C / custo do controle (custo do inseticida + custo da aplicação) por unidade de produção (\$/ha).	V / valor de mercado por unidade de produção (\$/kg).	b / declividade da regressão de número de ninfas na perda de produção.	K / redução da injúria devido ao tratamento.	ND= (N1+N2)/2 x D Onde N1 é igual a ninfas por folha em uma dada contagem, N2 é a quantidade de ninfas por folha na contagem seguinte a N1 e D são os dias entre N1 e N2.
Brier et al. (2010)	$ET = \frac{C}{V \bullet D} * 1000$	C / custo do controle (pesticidas + aplicação - \$ / ha),	V / valor da safra \$/ tonelada	D / perda potencial de rendimento (kg/ha por praga/m²)		1000 para converter a perda de rendimento a partir kg / m² para t / ha.

Fonte: agrupado pelo autor

## Apêndice 1

**EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA APLICAÇÃO TERRESTRE DE INSETICIDAS NAS CULTURAS DA SOJA**

## Registro de características do TRATOR

Marca:  
 cv:  
 cilindros:  
 tração:  
 câmbio:  
 comando:  
 Valor novo (Vn): em R\$  
 Capacidade de trabalho (Ct): em h.ano<sup>-1</sup>  
 Vida útil (VU): em anos  
 Consumo de Combustível (CC): L.h<sup>-1</sup>  
 Preço do combustível (Pc): R\$ em L<sup>-1</sup>

## Registro de características do PULVERIZADOR

Marca:  
 Capacidade do tanque: em L  
 Bomba: em L.min<sup>-1</sup>  
 Largura da barra (L): em m  
 Valor novo (Vn): R\$  
 Vida útil (VU): em anos  
 Capacidade de trabalho (Ct): em h.ano<sup>-1</sup>

**CÁLCULO DO RENDIMENTO DA APLICAÇÃO TERRESTRE EM SOJA (RAT)**

Pontas:  
 Volume de calda (Q): L.ha<sup>-1</sup>  
 Vazão dos bicos (q): L.min<sup>-1</sup>  
 Espaçamento de bicos (E): m  
 Número de bicos:  
 Largura da barra (L): m  
 Fator de correção (FC): 0,83

$$Q = \frac{(600 \times q)}{\text{vel} \times E} \qquad \text{RAT} = \frac{(\text{vel} \times L)}{10.000} \times \text{FC}$$

$$\text{vel} = \text{em Km.h}^{-1} \qquad \text{RAT} = \text{em ha.h}^{-1}$$

**CÁLCULO DO CUSTO DA APLICAÇÃO TERRESTRE, HECTARE<sup>-1</sup> (CAT)***Custo do trator (CT)*

Depreciação (D)	Conservação (C)
$D = [VN \div (VU \times CT)] \div \text{RAT}$	$C = [(VN \times 12\%) \div CT] \div \text{RAT}$
D = R\$ .ha <sup>-1</sup>	C = R\$ .ha <sup>-1</sup>
Combustível (c)	Juros (11% a. a.) (J)

## Apêndice 2

CO = (consumo x valor) ÷ RAT  
 CO = R\$ .ha<sup>-1</sup>  
 Lubrificação (L)  
 L = 20% do combustível  
 L = R\$ .ha<sup>-1</sup>

J = [(VN x J) ÷ CT] ÷ RAT  
 J = R\$ .ha<sup>-1</sup>  
 Custo total do trator (CTt)  
 CTt = (D + C + c + J + L)  
 CTt = R\$ .ha<sup>-1</sup>

*Custo do pulverizador (CTp)*

Depreciação (D)  
 D = [VN ÷ (VU x CT)] ÷ RAT  
 D = R\$ .ha<sup>-1</sup>  
 Juros (11% a. a.) (J)  
 J = [(VN x J) ÷ CT] ÷ RAT  
 J = R\$ .ha<sup>-1</sup>

Conservação (C)  
 C = [(VN x 12%) ÷ CT] ÷ RAT  
 C = R\$ .ha<sup>-1</sup>  
 Custo total do pulverizador (CTp)  
 CTp = (D + C + J)  
 CTp = R\$ .ha<sup>-1</sup>

*Custo da mão de obra (CTmo)*

Tratorista (CTmot)  
 Salário (S) = R\$ .mês<sup>-1</sup>  
 Encargos Sociais (ES): % salário  
 Rendimento (Rend.) = h.mês<sup>-1</sup>.  
 CTmot =  $\frac{(S + ES)}{\text{rend.}}$  ÷ RAT  
 CTmot = R\$ .ha<sup>-1</sup>

Ajudante (CTmoa)  
 Salário (S) = R\$ .mês<sup>-1</sup>  
 Encargos Sociais (ES): % salário  
 Rendimento (Rend.) = h.mês<sup>-1</sup>.  
 CTmoa =  $\frac{(S + ES)}{\text{rend.}}$  ÷ RAT  
 CTmoa = R\$ .ha<sup>-1</sup>

Custo total da mão de obra (CTmo)  
 CTmo = (CTmot + CTmoa)  
 CTmo = R\$ .ha<sup>-1</sup>

*Custo total da aplicação terrestre em soja (CAT soja)*

CAT soja = (CTt + CTp + CTmo)  
 CATsoja = R\$ .ha<sup>-1</sup>

**CUSTO GERAL DA APLICAÇÃO TERRESTRE-TRATORIZADO DE INSETICIDAS NA CULTURA DA SOJA (CAT)**

Percevejo - verde - pequeno – *Piezodorus guildini* ou Percevejo - marron – *Euschistus heros* ou Percevejo- verde – *Nezara viridula*

Inseticida A:

Produto B:

Preço (PI): R\$ .L<sup>-1</sup>  
 Dosagem (D): de - a L.ha<sup>-1</sup>  
 CAT: R\$ .ha<sup>-1</sup>  
 CT = CAT + (PI x D)  
 CT = de R\$ .ha<sup>-1</sup> – a R\$ .ha<sup>-1</sup>

Preço (PI): R\$ .L<sup>-1</sup>  
 Dosagem (D): de - a L.ha<sup>-1</sup>  
 CAT: R\$ .ha<sup>-1</sup>  
 CT = CAT + (PI x D)  
 CT = de R\$ - a R\$ .ha<sup>-1</sup>

**CUSTO GERAL DA APLICAÇÃO ÁEREA DE INSETICIDAS NA CULTURA DA SOJA (CAA)**

CAA = preço médio US\$ .ha<sup>-1</sup>  
 Valor do dólar: R\$ (Fonte - estado )  
 CAA = US\$ x R\$  
 CAA soja = em média .ha<sup>-1</sup>

Percevejo - verde - pequeno – *Piezodorus guildini* ou Percevejo - marron – *Euschistus heros* ou Percevejo- verde – *Nezara viridula*

Inseticida A:

Produto B:

Preço (PI): R\$ .L<sup>-1</sup>  
 Dosagem (D): de - a em L.ha<sup>-1</sup>  
 CAA: R\$ .ha<sup>-1</sup>  
 CT = CAA + (PI x D)

Preço (PI): R\$ .L<sup>-1</sup>  
 Dosagem (D): de - a em L.ha<sup>-1</sup>  
 CAA: R\$ .ha<sup>-1</sup>  
 CT = CAA + (PI x D)

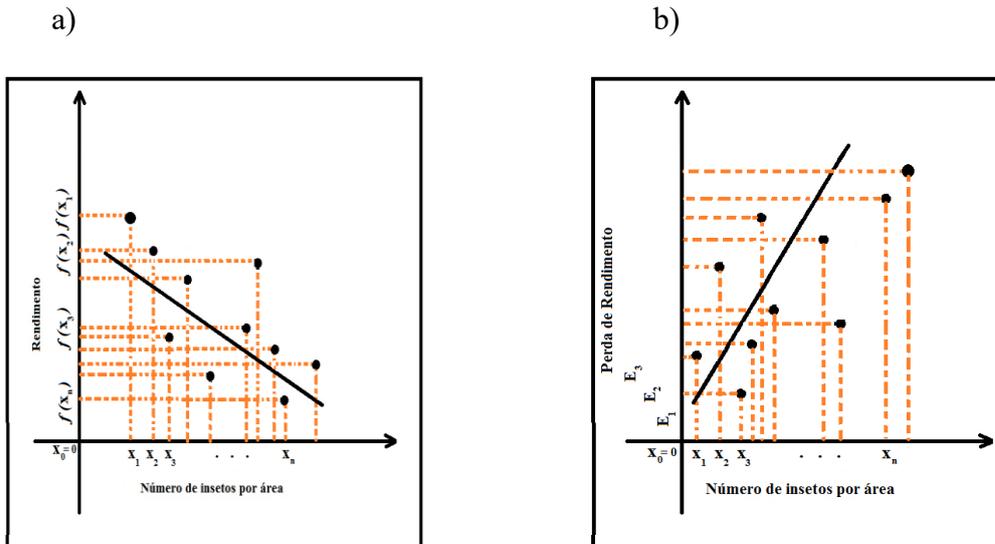


Figura 2. a) Gráfico número de insetos-praga por área x rendimento e b) Gráfico número de insetos-praga por área x perda de rendimento considerando a estimativa de rendimento.

Tabela 2. Definição de variável e Valor do parâmetro.

Notação	Definição	Valor
$C_o$	Custo operacional /área (em ha)	Depende de qual forma o agricultor irá promover o controle, será um serviço contratado, ou o próprio agricultor irá efetuar o serviço.
$C_{oc}$	Custo operacional contratado	Quando o agricultor contrata o serviço de controle, com o valor de mercado para o serviço/ha
$C_{op}$	Custo operacional promovido pelo produtor	Quando o próprio agricultor efetua o controle, deve-se considerar gastos com serviço em R\$/ha.
$n$	Número de produtos utilizados no controle	Valor numérico
$C_{ia}$	Custo do Inseticida A	Valor de mercado no corrente ano.

$C_{pb}$	Custo de outro produto para o controle	Valor de mercado no corrente ano.
$N_a$	Número total de aplicações	Delimitado referente a área produzida
$V$	Valor de oferta para venda por unidade de produção	Valor de mercado no corrente ano.
$b$	Taxa de perdas de rendimento.	Obtido em regressão linear, polinomial, sigmoidal e exponencial.
$b_l$	Dano utilizando o ajuste linear	$y = b_l * x + a$
$b_p$	Dano utilizando o ajuste polinomial de grau maior ou igual a dois	$y = a_1 x^n + a_2 x^{n-1} + a_3 x^{n-2} + \dots + a_{n-1} x^1 + a_n x^0$
$b_e$	Dano utilizando o ajuste exponencial	$y = b_l \bullet x + a \quad y = A \bullet B^x$ $\ln y = \ln(A \bullet B^x) \text{ onde } \ln y = \ln(A) + x \bullet \ln(B)$ $\ln y = \ln(A) + x \bullet \ln(B) \text{ denotando } b_l = \ln(B) \text{ e}$ $a = \ln(A), \text{ tem-se } \ln y = b_l \bullet x + a \text{ utilizando}$ <p>regressão linear estima-se <math>a</math> e <math>b_l</math>, portanto os valores estimados para A e B serão</p> $A = e^a \quad e \quad B = e^{b_l}$
$b_s$	Dano utilizando o ajuste	$y = \frac{A}{1 + B \bullet e^{-kx}}$

	sigmoidal	
$k_{cq}$	Eficiência do controle Químico	Margens de valores expressa pelos intervalos:  Intervalo 1                      80% < eficiência ≤ 85% Intervalo 2                      85% < eficiência ≤ 90% Intervalo 3                      90% < eficiência ≤ 95% Intervalo 4                      95% < eficiência ≤ 100%
$R_a$	Resistência do ambiente	Valor numérico

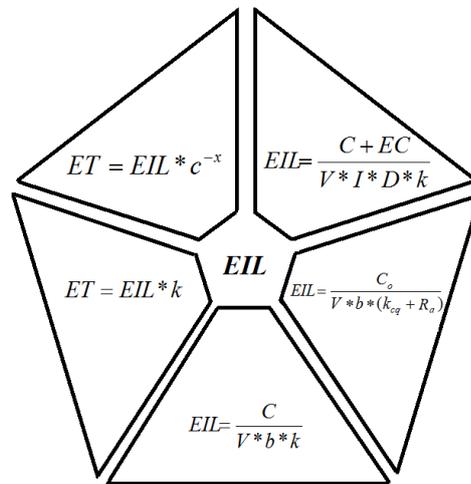


Figura 3. Evolução dos Modelos Matemáticos de Cálculo do NDE

Tabela 3. Componentes estatísticos.

Nomenclatura	Nome por extenso	Significado
SSE	Soma dos quadrados dos resíduos	Quando se obtêm um valor mais próximo de zero tem-se um indicativo que o modelo possui um componente de erro aleatório menor e que o ajuste será mais útil para a previsão.
R-square	R-quadrado	Mede o quão bem sucedido o ajuste é, explicando a variação dos dados. Pode-se dizer que o R-quadrado é o quadrado da correlação entre os valores observados e os valores ajustados. O R-quadrado pode assumir qualquer valor entre 0 e 1, quando o valor é mais próximo de 1, indica que uma maior proporção de variância é explicada pelo modelo.
DFE	Grau de liberdade	

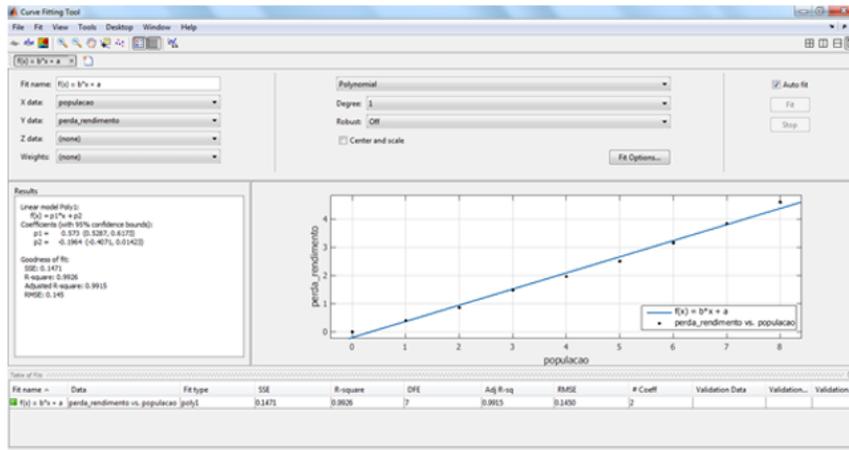
ADJ R-sq	R-Quadrado ajustado	É um parâmetro que pode assumir valor menor ou igual a 1, um valor mais próximo de 1 indica um melhor ajuste.
RMSE	É o erro do quadrado médio da raiz. Ou erro padrão da regressão.	Assim como o SSE, um valor mais próximo de 0 indica um ajuste mais útil para a previsão.

Fonte: O autor.

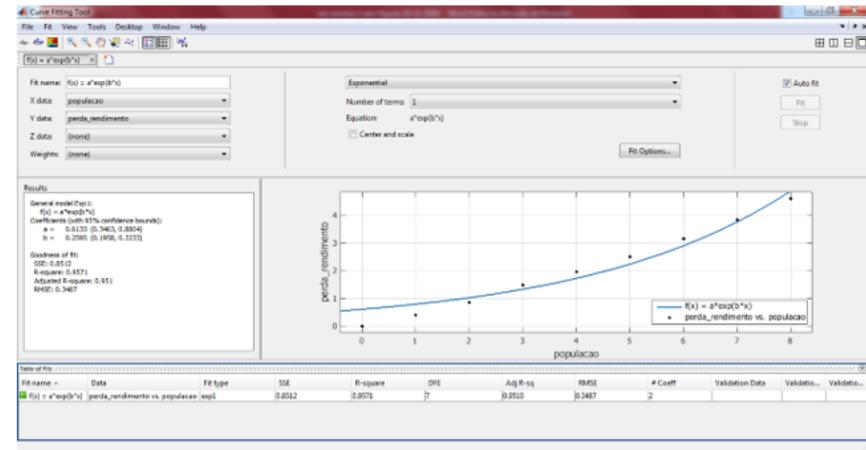
Fit name	Data	Fit type	SSE	R-square	DFE	Adj R-sq	RMSE	# Coeff
$f(x) = a \cdot \exp(b \cdot x)$	perda_rendimento vs. popula...	exp1	0.8512	0.9571	7	0.9510	0.3487	2
$f(x) = a / (1 + \exp(b - c \cdot x))$	perda_rendimento vs. popula...	a/(1+exp(b-c*x))	0.2187	0.9890	6	0.9853	0.1909	3
$f(x) = b \cdot x + a$	perda_rendimento vs. popula...	poly1	0.1471	0.9926	7	0.9915	0.1450	2
$f(x) = p1 \cdot x^2 + p2 \cdot x + p3$	perda_rendimento vs. popula...	poly2	0.0121	0.9994	6	0.9992	0.0450	3
$f(x) = p1 \cdot x^3 + p2 \cdot x^2 + p3 \cdot x + p4$	perda_rendimento vs. popula...	poly3	0.0102	0.9995	5	0.9992	0.0452	4

Figura 4. Tabela com valores de argumentos de saída, com modelos utilizados no ajuste, dados utilizados, funções, soma dos quadrados dos resíduos, R-quadrado, grau de liberdade, R-quadrado ajustado, erro do quadrado médio da raiz e quantidade de coeficientes do modelo.

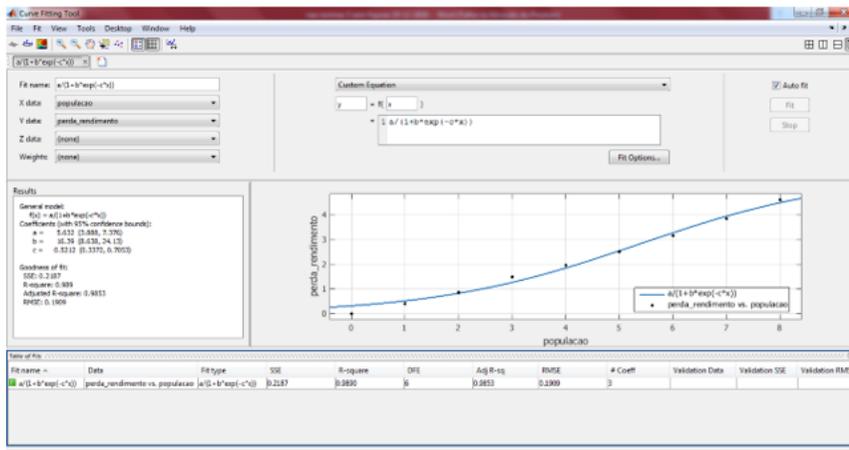
Fonte: Print do software Matlab 5.3.



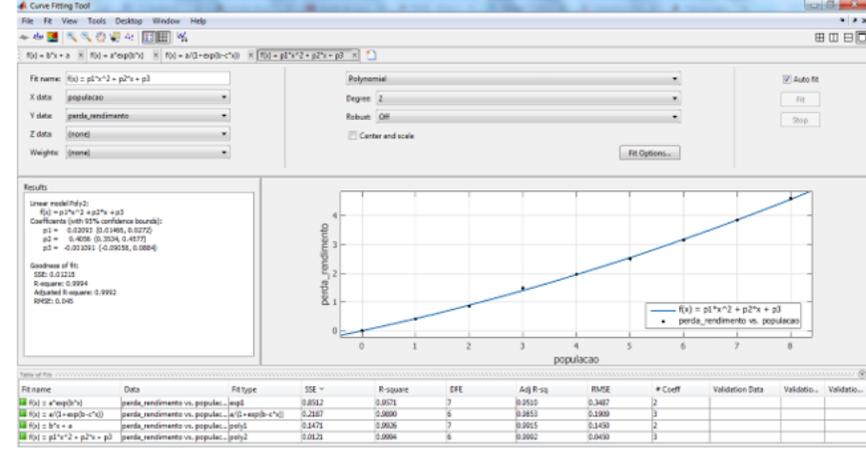
a)



b)



c)



d)

Figura 5. a) Ajuste Linear; b) Ajuste Exponencial; c) Ajuste Sigmoidal; d) Ajuste polinomial de grau dois.

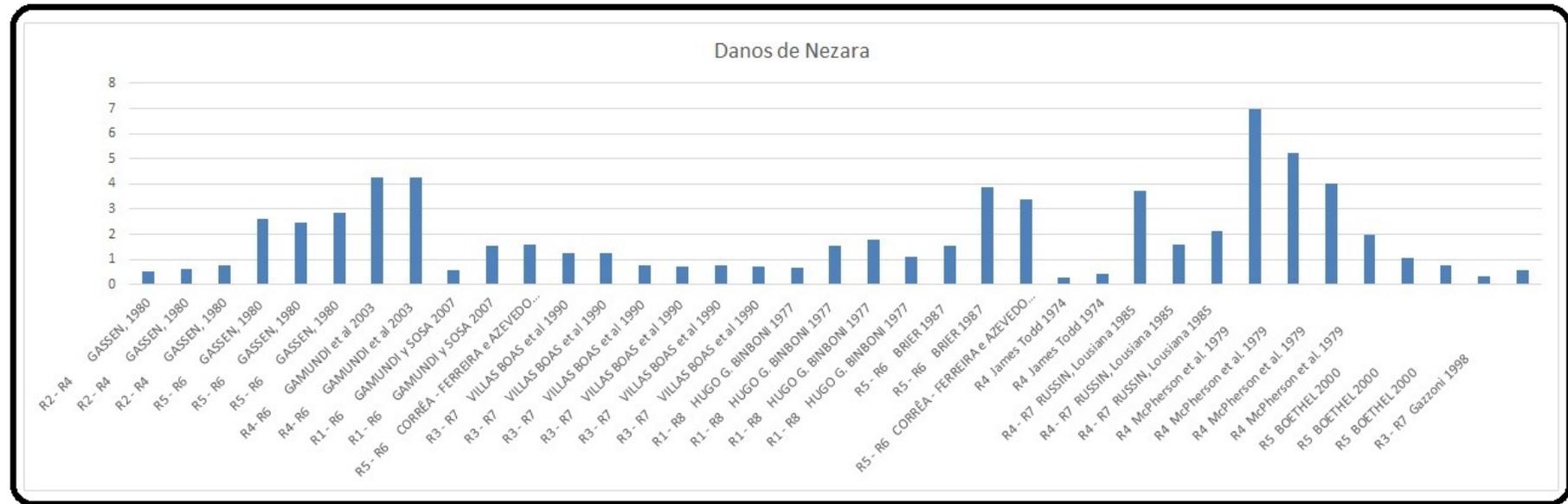


Figura 6. Dano em soja promovido por *Nezara viridula* em diferentes pesquisas.





Figura 9. Dano em soja promovido por *Nezara viridula* em diferentes pesquisas para o intervalo de tempo acima do período R<sub>6</sub>.

### ARTIGO 3:

#### 4 O Software PRÉ-MIP.

FLI MARTINS<sup>1,2</sup>, DA MAGANO<sup>1</sup>, JVC GUEDES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Federal University of Santa Maria, Ave. Roraima 1000, build 42, UFSM / PPGEA, Santa Maria, RS, Brazil

<sup>2</sup>Federal University of Pampa, St. Luiz Joaquim de Sá Brito, Itaqui, 97650-000, RS, Brazil

<sup>3</sup>Dr. in Entomology, Federal University of Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil, Ave. Roraima 1000, build 42, UFSM / DFS; UFSM / PPGEA, Santa Maria, RS, Brazil

#### Correspondence

Fábio Lucas Izaguirre Martins, Federal University of Santa Maria, Ave. Roraima 1000, build 42, UFSM /PPGEA, Santa Maria, RS, Brazil, [fabiolucasimartins@gmail.com](mailto:fabiolucasimartins@gmail.com), [phone +5555981163418](tel:+5555981163418), [fax](tel:+5555981163418)

#### O software Pré-MIP

##### 4.1 Resumo

Este artigo descreve a elaboração do aplicativo chamado Pré-MIP, projetado para fornecer o resultado de cálculo de Nível de Dano Econômico – NDE, com informações para agricultores e consultores sobre o complexo de percevejos, *Euschistus heros*, *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, que causam danos a cultura de soja. O programa possui um sistema de suporte gráfico que ajuda agricultores e consultores a tomar medidas de controle eficientes, com base nos dados inseridos pelos usuários e pelo banco de dados inseridos previamente no software, utilizou-se uma modelagem que foi previamente certificada quanto a eficiência, o arquivo tem 9 variações na fórmula do cálculo do NDE, i) a fórmula de Pedigo 1986, na qual foi efetuada a alteração na composição do custo de controle que é descrito agora por custo operacional; ii) as condições para o custo operacional sendo este tratado primeiramente como

o custo contratado com o custo compartilhado; iii) a inserção do parâmetro de eficiência do controle químico e resistência do ambiente; iv) a alteração do custo de controle, sendo este o custo operacional efetuado pelo próprio agricultor juntamente com o custo compartilhado; v) o detalhamento do que é o custo compartilhado; vi) a expansão da fórmula com a determinação do custo operacional promovido pelo agricultor somada ao custo compartilhado multiplicado pelo número de aplicações; vii) a alteração do parâmetro b no modelo. Foi estudado o método Multidimensional Array para organização e armazenamento dos dados, elaborou-se ainda um fluxograma com a forma que o aplicativo irá compor sua lógica para efetuar as simulações e obter-se os resultados. Foram apresentadas as simulações com uso do aplicativo android verificando sua capacidade de utilização e por fim, foi elaborada a tabela de indicadores de resultados científicos para determinação da eficiência do aplicativo. Como objetivo principal elaborou-se o aplicativo para ser utilizado como apoio nas tomadas de decisão do manejo, para o agricultor levar em consideração os resultados do cálculo de NDE e obter mais confiança para executar o controle.

Palavras chave: Modelagem computacional, Tomada de decisão, Nível de dano econômico, Manejo Integrado de Pragas, Aplicativos.

#### 4.2 Abstract

This paper describes the development of an application called Pre-MIP, designed to provide the calculation result of Economic Injury Level (EIL), with information for farmers and consultants about the bed bug complex *Euschistus heros*, *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, which cause damage to the crop of soybean (*Glycine max* L. Merrill). The program has a graphical support system that helps farmers and consultants to take effective control measures, based on the data entered by users and the database previously inserted in the software, also using a model that was previously certified for efficiency, the file has 9

variations in the EIL calculation formula, i) the formula of Pedigo 1986, in which the change was made in the composition of the control cost which is now described by operating cost; ii) the conditions for the operating cost being treated as the contracted cost; iii) the insertion of the parameter of efficiency of chemical control and Environmental resistance; iv) change in the cost of control, this being the operational cost made by the farmer himself along with the shared cost; v) detailing what the shared cost is; vi) expansion of the formula with the determination of the operational cost promoted by the farmer plus the shared cost multiplied by the number of applications; vii) the change of parameter b in the model. The Multidimensional Array method was used to organize and store the data. A flowchart was also elaborated, considering the way the application will compose its logic, to perform the simulations and obtain the results. It was presented the simulations with the use of the android application verifying its capacity of use and, finally, the table of indicators of scientific results was elaborated, to determine the efficiency of the application. As the main objective, the application was developed to be used as support in management decisions, so that the farmer takes into account the EIL calculation results and obtains more confidence to execute the control.

Keywords: Computational modeling, Decision making, Economic injury level, Integrated Pest Management, Applications - App.

#### 4.3 Introdução

A soja é um importante produto da agricultura no mundo e especialmente para o Brasil. Seu cultivo está distribuído na maioria dos estados do país, tornando o Brasil um dos maiores produtores do mundo. Na safra 2016/2017 o Brasil figurou como segundo maior produtor de soja do mundo, com produção de 114,923 milhões de toneladas, em área plantada de 33,890

milhões de hectares e produtividade de 3.362 kg/ha, atrás apenas dos EUA com 117,208 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2017).

Por causarem danos diretos e indiretos à soja os percevejos *E. heros*, *N. viridula*, *P. guildinii*, são pragas de extrema relevância e, portanto, o controle com uso de inseticidas é extensivamente utilizado. A infestação da soja por esses percevejos causa perdas econômicas elevadas, desde as décadas de 1970 e 1980, como visto em Galileo e Heinrichs (1978) com *P. guildinii* - causando danos que resultaram em uma redução no rendimento de 48% até 78% com infestações de 2 e 4 percevejos respectivamente por 0,5m linear, afetando negativamente o rendimento da soja; em Gassen (1980) com *N. viridula* - causando uma redução de 156,68 kg de soja /ha para percevejos adultos no período R<sub>5</sub> e R<sub>6</sub> fato determinante para que o valor de uma aplicação de inseticida fosse equivalente ao dano de 2,06 percevejos adultos/metro; em Peixoto e Ferreira (2014) com *E. heros* - causando uma perda ao redor de 500 kg/ha a cada inseto em infestações de um inseto por metro, a partir de R<sub>3</sub>, no ano agrícola 2011/2012 e no ano seguinte causando um dano de 400 kg/ha.

O sucesso (ganho de rendimento) ou o fracasso (perda de rendimento) da produção de soja depende da quantidade de insumos envolvidos (inseticidas, práticas culturais e custos agroquímicos) e quantidade de resultados obtidos (rendimento e preços). Um fator importante para o sucesso na produção de soja é a capacidade do produtor em fazer corretamente decisões sobre o manejo. Ao reduzir a necessidade de inseticidas e aplicações de controle desses percevejos, o cultivo de soja torna-se ainda mais lucrativo. Os inseticidas devem ser usados apenas quando o intervalo de nível de controle é alcançado.

#### 4.4 Modelagem

O Manejo Integrado de Pragas - MIP está diretamente relacionado ao cálculo de NDE que é descrito por inúmeros parâmetros, existindo a necessidade de conhecer-se cada vez mais os fatores que interferem no cálculo do NDE Nordh et al (1988), como as espécies que

causam mais danos a cultura, qual o período de convivência entre praga e cultura, utilização de cultivares de ciclos e hábitos de crescimento diversificados, medidas que proporcionam incrementos graduais nos rendimentos médios do cultivo de soja.

Numerosos estudos tem sido feitos sobre NDE de pragas em diversas culturas, alguns alterando o modelo que descreve o cálculo do NDE, outros acrescentando o custo ambiental Brier et al (2010), Hassani et al (2009), Luckman e Metcalf (1975) e Meyer (2016). Uma forma de promover alterações com maior confiança nos resultados e flexibilidade em termos de programação é o uso de simulações numéricas e elaboração de algoritmos.

#### 4.5 Material e métodos

Nesta tese efetuaram-se criteriosos estudos prévios, chegando-se ao algoritmo do aplicativo Pré-MIP. Para os procedimentos das simulações foram feitos no aplicativo Pré-MIP cálculos considerando três fatores distintos na modelagem embasado nos trabalhos de Stern (1959), Pedigo (1986), Riley (2003) e Samietz (2006): a) o primeiro fator estudado, foram as variações na formulação dos custos de controle; b) o segundo fator foi a inserção da eficiência do controle somado a resistência do ambiente; c) por último, foram estudadas as alterações na modelagem do cálculo do NDE. Os fatores são expressos por completo na tabela 1.

Consideraram-se os dados de pré-simulação, ou seja, os dados armazenados no aplicativo antes do uso do software para simulações, os dados da escala fenológica da soja (Fehr et al. 1971) e adequações; os dados sobre a quantidade de dano em kg/ha causado por um inseto a cada m<sup>2</sup> por dia; estes dois primeiros tipos de dados descritos no artigo “Impactos de alterações de parâmetros no desenvolvimento de um Novo Modelo de Cálculo de EIL”, os dados meteorológicos obtidos em INMET/FEPAGRO de 2004 a 2016; os dados do valor da saca de soja de 60 kg obtidos em AGROLINK, do mês 3 de 2004 ao mês 05 de 2016.

Considerando os resultados, efetuaram-se simulações de diversos cenários Beck et al (1989) e estudando o erro, comparando com dados obtidos em experimentos feitos em campo,

para validação do modelo, ou adequações para melhor representação da realidade. No desenvolvimento da rotina computacional utilizou-se o modelo matemático com regressão linear, regressão polinomial de grau maior ou igual a dois, regressão exponencial e regressão sigmoidal.

Para determinar a forma de armazenamento dos dados, foram estudados três tipos de armazenamentos: Multidimensional Arrays, Structures e Cell Arrays, ou seja, Matrizes Multidimensionais, Estruturas e Listas, onde devido a gama de dados, o formato de escrita e sabendo que os custos, os danos e valores da produção são flutuantes, considerou-se o método Multidimensional Arrays que requer menor esforço computacional, expressando uma fácil organização dos dados, o programa é implementado em conjunto de módulos, ou seja, camadas de matrizes de dados, disposto em ordem conforme visto na Fig 2.

Os dados foram aplicados a um Diagrama de Mudge para obtenção das melhores condições iniciais a serem utilizadas nas simulações, tornando a modelagem mais confiável. Elaborou-se um estudo dos softwares usados no MIP Coulson (1987, 1992), Damos (2010, 2013) que pudessem ser adaptados ao ambiente Android (Ableson 2012) e Deitel (2013, 2015) promovidos em celulares. Para concretização da pesquisa foi projetado um fluxograma conforme a Fig 3 para descrever o material e métodos onde mostra-se a complexidade do processo de tomada de decisão e conseqüentemente a dificuldade de implementar algoritmos computacionais de controle de pragas.

Expressou-se o fluxo dos dados embasado nos trabalhos de Menke (1973), Huffaker (1976), Kogan (1987) e Andujar Gonzales (1992), da seguinte forma: tem-se uma entrada de dados, os mesmos podem ser de três tipos: cultivo, praga ou dados econômicos, em cada um dos ramos serão introduzidos os dados e efetuadas as etapas I, II e III do processo simultaneamente, considerando argumentos pré estabelecidos pelo programador.

Após são obtidos os resultados: I – estimativa de preço; II – densidade por área; e III – custos e valores. Nesse momento são feitas as simulações, onde tem-se a etapa de decisão com duas formas de resultado, uma forma negativa retornando os comandos as etapas Resultados I, II e III devido a algum erro de compilação, comando ou ainda equívoco na projeção dos dados; e uma segunda forma satisfatória, essa é a etapa de exibir valor e chamou-se de estratégia de controle, do qual sairá a recomendação de manejo e período de aplicação. O desenvolvimento do processo de programação foi elaborado utilizando a lógica matemática e construção de algoritmos computacionais, através da elaboração de etapas bem definidas, variando apenas a forma de execução do software, quando consideradas as diferentes expertises de cada programador Onstad (1987).

#### 4.6 Resultados, simulações e discussão

Muitas das pesquisas em modelagem são construídas utilizando o computador, elaborando-se códigos computacionais para predição de soluções de problemas científicos em Engenharia Agrícola Coulson (1987, 1992), Herbert et al (1988) e Wauchope (2003), como especificamente no cálculo do NDE de insetos-praga aplicado ao MIP. Nesta pesquisa efetuou-se uma programação no sistema Android para utilização do software como aplicativo de celulares Ableson (2011), no qual se promoveu a certificação de eficiência do aplicativo através de dados obtidos nas referências bibliográficas consolidadas nos artigos “A pedra fundamental do estudo de nível de dano econômico” e “Desenvolvimento de um novo modelo de cálculo de NDE: Novos parâmetros, novos paradigmas” obtendo-se como resultados os “layouts” da Fig 4 com a simulação efetuada em um celular modelo Galix 4g mini.

A simulação apresentada na Fig 5 efetuada no prompt de comando de outro tipo de celular através de um emulador, sendo o modelo de dispositivo virtual android o Nexus\_5\_API\_23x86, com os dados de NDE utilizados para verificação do software retirados de Brier (2010) que pesquisou o NDE para *Helicoverpa ssp.*, Wazire (2016) que pesquisou o

NDE para a lagarta enroladeira - *Antigastra catalaunalis* e Guedes (2017) que pesquisou o NDE para percevejos.

Outro ambiente, que pode ser visto na Fig 6 foi criado para efetuar a inserção da contagem de cada praga com suas respectivas idades, criando um banco de dados, à medida que o usuário inserir as quantidades, idades e empresa, sendo mais tarde efetuada a localização do conjunto de dados e composto o mapa de concentração de insetos e também a estimativa de dano considerando o tamanho e o consumo médio diário de cada praga.

#### 4.7 Indicadores de resultados científicos para determinar a eficiência do aplicativo.

Este app é um sistema de suporte de tomada de decisão integrado para gerenciamento agrícola e sua validação foi proposta seguindo uma estrutura de indicadores de resultados científicos para determinar sua eficiência. Os indicadores foram separados por objetivos Plant (1989). Aos objetivos estratégicos são associados os indicadores: a) ações - contemplam o levantamento de modelos de cálculo de NDE seguindo os trabalhos de Stern (1959), Pedigo (1986), Mumford et al. (1984), Riley (2003) e Tang et al. (2005) e de dados de danos causados por *E. heros*, *N. viridula* e *P. guildinii*; b) metas – para conhecer o comportamento dos danos e período de convivência do inseto-praga com a cultura; c) resultados esperados – são considerados como indicadores de eficiência do aplicativo. Pode-se verificar com maior minúcia os indicadores de resultados científicos utilizados para determinar a eficiência do aplicativo na Tabela 2.

#### 4.8 Discussão

Os resultados da pesquisa tornaram evidente que dados sobre as pragas tomadas como referência neste artigo, os dados sobre o NDE aqui promovidos e a utilização de softwares para programação e simulações, geram um banco de dados de enorme proporção. Outro fato explicitado neste artigo, foram as alterações negativas na gestão fitossanitária que estão

diretamente ligadas aos fatores estudados na pesquisa e conseqüentemente na obtenção do NDE produzidos por pragas da soja.

#### 4.9 Conclusões

O app Pré-MIP provou ser eficiente, uma vez que, ao efetuar-se as simulações registrou-se exatidão em 100% dos casos, em comparação aos resultados obtidos nas referências. Conclui-se também que a modelagem e o banco de dados inseridos previamente no app estão de acordo com as pesquisas tomadas como referência. No entanto, o app deve ser aprimorado considerando outros parâmetros como: idade do inseto e fatores ambientais e o layout do aplicativo deve-se ser aperfeiçoado em futuras pesquisas.

#### Referências

- Ableson W F et al. (2011) *Android in Action*. Third Edition. 664 p. ISBN 9781617290503.
- Alston Diane G (2011) *Pest Management Decision-Making: The Economic-Injury Level Concept*, Utah State University Extension.
- Águila I M del, Joaquín Cañadas, e Samuel Túnez (2015) "Decision making models embedded into a web-based tool for assessing pest infestation risk." *Biosystems Engineering* 133 102-115.
- Andujar Gonzales J L, CECA, Garcia de J L e FERERES A (1992), Cereal aphids expert system (CAES): Identification and decision making, *Computers and Electronics in Agriculture*.
- Beck H, Jones P H e Jones J W (1989a). SOYBUG: An expert system for soybean insect pest management. *Ag. Systems*, 30(3) 269-86.
- Beck H, Jones P H, Watson D G e Zazueta F S (1989b). An expert database system for ornamental plants. *Ag. Systems*.

- Beck H, Gala S K e Navathe S B (1989c). Classification as a query processing technique in the CANDIDE semantic data model. Proceedings of the IEEE International Conference on Data Engineering, Los Angeles, CA.
- Boethel D J et al. (2000). Delayed maturity associated with Southern green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) injury at various soybean phenological stages. *Journal of Econ. Entomology*, v. 93, n.3: 707-712, 2000.
- Brier H, Quade A e Wessels J (2010). Economic thresholds for *Helicoverpa* and other pests in summer pulses – challenging our perceptions of pest damage. Proceedings of the 2010 Australian Summer Grains Conference. Gold Coast, Qld, Australia.
- Conte O, Oliveira F T de, Harger N, Corrêa-Ferreira B S, Roggia S, Prando A M, Seratto C D (2017). Resultados do manejo Integrado de pragas da soja na safra 2016/17 no Paraná. Londrina: Embrapa Soja. 72 p. (Embrapa Soja. Documentos, 394).
- Coulson R N (1992) Intelligent geographic information systems and integrated pest management, *Crop Protection*, 11, pp. 507–516
- Coulson R N, Saunders M C (1987), Computer-assisted decision-making as applied to entomology, *Ann. Rev. Entomol.*, 32, pp. 415–437
- Damos Petros, Sotiris Karabatakis (2013). "Real time pest modeling through the world wide web: decision making from theory to praxis." *IOBC-WPRS Bulletin* 91: 253-258.
- Damos P T, Savopoulou-Soultani M (2010). Development and statistical evaluation of models in forecasting moth phenology of major lepidopterous peach pest complex for Integrated Pest Management programs. *Crop Protection*; 29:1190-9.
- Deitel Paul J et al. (2013). *Android para programadores: uma abordagem baseada em aplicativos*. 2.ed. Porto Alegre: Bookman. 481 p. (Deitel developer series). ISBN 9788540702103.

Deitel Paul J et al. (2015). *Android para programadores: uma abordagem baseada em aplicativos*. 3.ed. Porto Alegre: Bookman. 422 p. (Deitel developer series). ISBN 9788582604113.

Galileo M H M, Heinrichs, A E (1978). Danos Causados à Soja em Diferentes Níveis e Épocas de Infestação, Durante o Crescimento. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 14, n. 3, p. 279-282.

Gassen D N (1980). Efeitos de níveis populacionais de *Nezara viridula* sobre a cultura de soja, em dois períodos de infestação. 1980. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Hassani M R, Nouri-Ganbalani G, Izadi H, Shojai M, Basirat M (2009) Economic injury level of the psyllid, *Agonoscaena pistaciae*, on pistachio, *Pistacia vera* cv. Ohadi. *J Insect Sci* 9:40-44.

Herbert D A, Mack T P, Reed R B, e Getz R (1988). *Degree-Day Maps for Management of Soybean Insect Pests in Alabama*. Alabama Agricultural Experiment Station Bulletin 591. Auburn , AL : Auburn University .

Huffaker C B, Croft B A (1976). Integrated pest management in the U.S.: progress and promise. *Environ. Health Perspect.* 14: 1 67-83 47.

Kogan M, Turnipseed SG (1987). Ecology and management of soybean arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 32:507–38

Luckman W H e Metcalf R L (1975). The pest management, p. 3 - 35. In: R.L. Metcalf & W. H. Luckman (eds.), *Introduction to insect pest management*. New York, Willey & Sons, 135p.

Menke W W (1973). A computer simulation model: The velvetbean caterpillar in the soybean agroecosystem. *Fla. Entomol.* 56:92-102

- Meyer John R, Departamento de entomologia da NC State University, acesso em [https://projects.ncsu.edu/cals/course/ent425/library/tutorials/applied\\_entomology/economics\\_pest\\_control.html](https://projects.ncsu.edu/cals/course/ent425/library/tutorials/applied_entomology/economics_pest_control.html), 20-03-2016.
- Mumford J D, Norton G A (1984). Economics of decision making in pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 29: 157-74
- Nordh M B, Zavaleta L R e Ruesink W G (1988). Estimating multidimensional economic injury levels with simulation models. *Agricultural Systems*, 26, 19-33.
- Onstad D W (1987). Calculation of economic-injury levels and economic thresholds for pest management. *Journal of Economic Entomology*, v. 80, n. 2, p. 297-303.
- Plant R E (1989) An integrated expert decision support system for agricultural management, *Agricultural Systems*, 29 pp. 49–66.
- Pedigo L P, Hutchins Sh. H, Higley L G (1986). Economic injury levels in theory and practice. *Annual Review of Entomology* 31:341-368.
- Riley D G (2003). Economic injury level (EIL) and economic threshold (ET) concepts in pest management. In: Capinera J (ed) *Encyclopedia of entomology*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, pp 744–748.
- Samietz J, Graf B, Höhn H, Schaub L, Höpli H U e Razavi E (2006). Web-Based Decision Support for Sustainable Pest Management in Fruit Orchards: Development of the Swiss System SOPRA. In *Efficient Decision Support Systems – Practice and Challenges From Current to Future* 18: 373-388.
- Stern V M, Smith R F, van den Bosch R, Hagen K S (1959). The integrated control concept. *Hilgardia* 29:81- 101
- Tang Sanyi et al. (2005). Integrated pest management models and their dynamical behaviour. *Bulletin of mathematical biology*, v. 67, n. 1, p. 115-135.

Wauchope R DON, et al. (2003). Software for pest-management science: computer models and databases from the United States Department of Agriculture—Agricultural Research Service. *Pest management science* 59.6-7: 691-698.

Wazire N, Patel J, (2016). Determination of Economic Injury Level (EIL) for leaf webber and capsule borer, *A. catalaunalis* (Duponchel) in sesamum. *International Journal of Life Science*;A6:169-172.

$NDE = \frac{C_o}{V \cdot b \cdot K}$	$NDE = \frac{C_{op}}{V * b_l * (k_{cq} + R_a)}$	$NDE = \frac{C_{oc}}{V \cdot b_l \cdot (k_{cq} + R_a)}$
Com $C_o = C_{oc} + C_{op}$ , se $\exists C_{oc} \neq 0 \rightarrow C_{op} = 0$ senão $\exists C_{op} \neq 0 \rightarrow C_{oc} = 0$	$NDE = \frac{C_{op}}{V * b_e * (k_{cq} + R_a)}$	$NDE = \frac{C_{oc}}{V \cdot b_e \cdot (k_{cq} + R_a)}$
$NDE = \frac{C_{oc} + C_{op}}{V * b * k}$	$NDE = \frac{C_{op}}{V * b_s * (k_{cq} + R_a)}$	$NDE = \frac{C_{oc}}{V \cdot b_s \cdot (k_{cq} + R_a)}$
$NDE = \frac{C_{oc}}{V \cdot b \cdot (k_{cq} + R_a)}$	$C_{oc} = C_s + C_p$ ou $C_{op} = C_s + C_p$ . Tem-se: somente $C_{oc} = C_s + C_{ia} * N_a$ ou somente $C_{op} = C_s + C_{ia} * N_a$	$NDE = \frac{\frac{C_s}{n} + (C_{ia} + C_{pb}) * N_a}{V * b * k}$

Tabela 1. Alterações na modelagem matemática do cálculo do NDE.

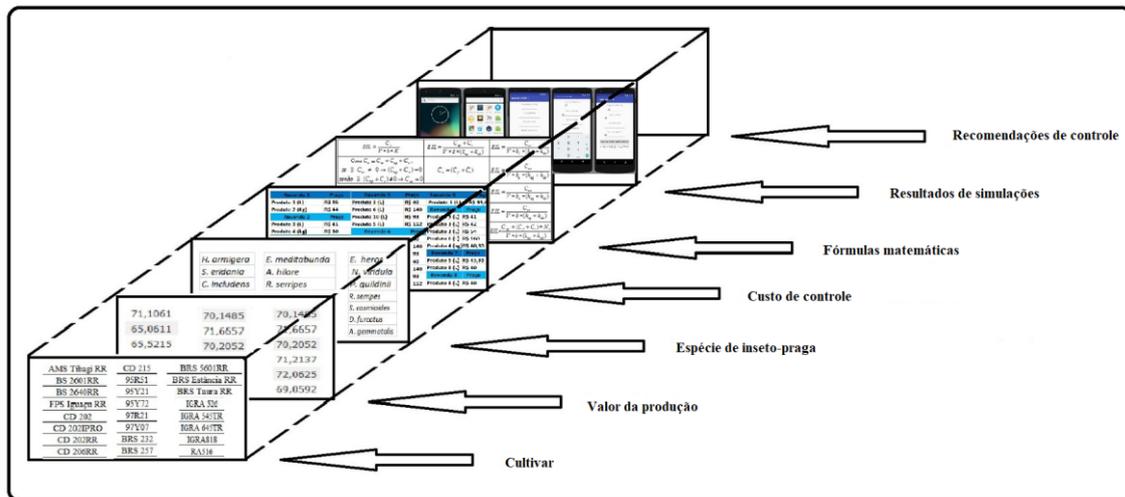


Figura 2. Método Multidimensional Arrays para organização e armazenamento de dados agrícolas.

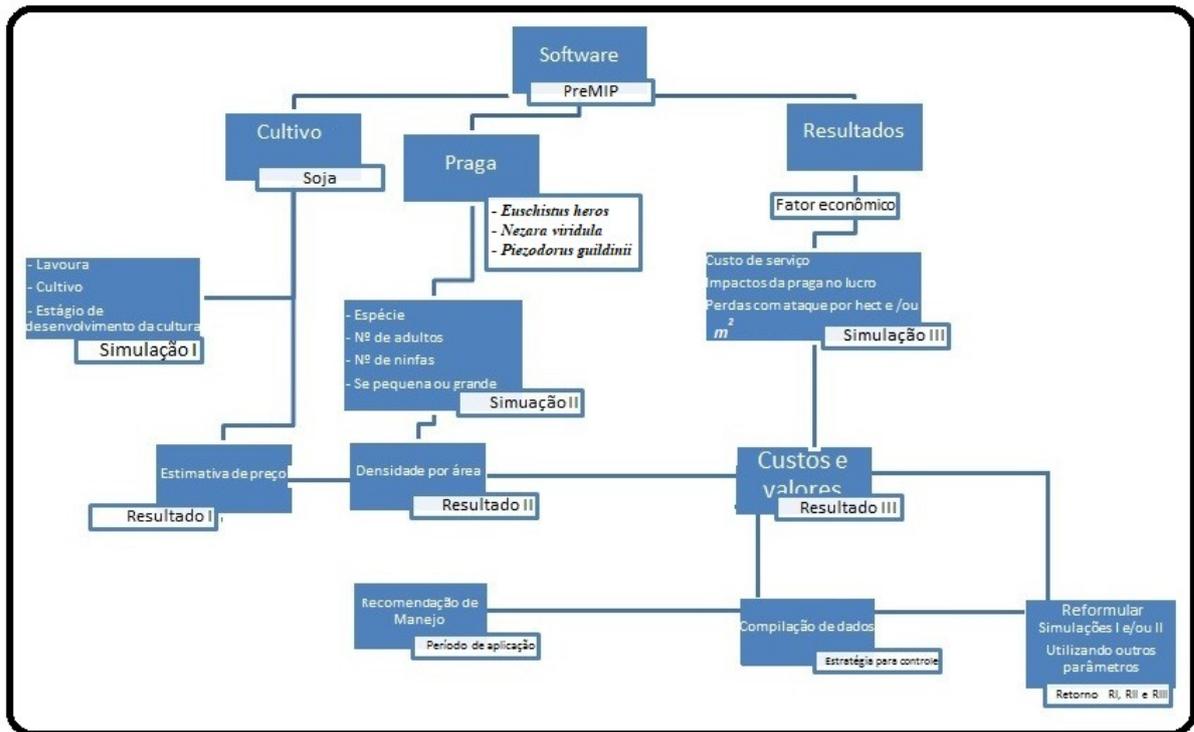


Figura 3. Fluxograma de etapas de elaboração do software Pré-MIP.



Figura 4. Primeira versão da inserção do ícone.

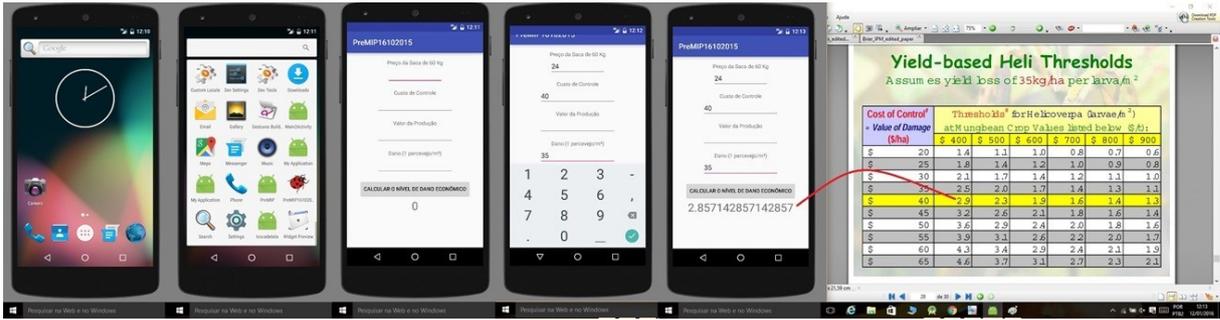


Figura 5. Desenvolvimento do aplicativo de cálculo de nível de dano econômico.

Fonte: autor e tabela de valores de Brier 2010.

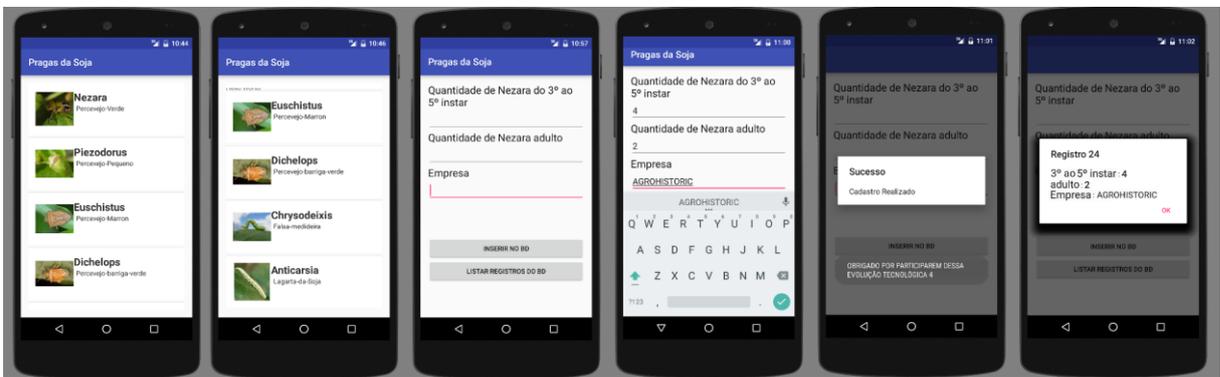


Figura 6. Projeções da criação do banco de dados.

Fonte: autor.

Tabela 2. Objetivos, ações, metas e resultados esperados.

<b>Objetivo 1</b>		
<b>Estudar Modelagem Matemática</b>		
<b>Ação</b>	<b>Meta</b>	<b>Resultado esperado</b>
Levantar modelos matemáticos utilizados em crescimento populacional, dano e modelos que determinem os comportamentos de insetos-praga.	Elaborar para diferentes espécies de insetos-praga uma logística de utilização dos modelos matemáticos mais eficientes.	Utilizar o modelo considerado ótimo
<b>Objetivo 2</b>		
<b>Estudar a distribuição espacial de insetos-praga da parte aérea do cultivo e estudar mapas comportamentais de dano.</b>		
<b>Ação</b>	<b>Meta</b>	<b>Resultado esperado</b>
Obtenção de dados de comportamento de determinadas espécies.	Elaborar mapas de distribuição dessas determinadas pragas, ou ainda mapas comportamentais.	Compreender a distribuição e conhecer a densidade dos insetos-praga estudados, seus possíveis riscos e compreender o comportamento do dano ocorrido em comparação com o período de convivência da praga no decorrer do ciclo de desenvolvimento da cultura
<b>Objetivo 3</b>		
<b>Estudar o nível de controle</b>		
<b>Ação</b>	<b>Meta</b>	<b>Resultado esperado</b>
Estudar o nível de controle para as espécies de insetos-praga.	Conhecer o nível de controle para insetos-praga da parte aérea da soja.	Prover índices para tomada de decisão e suporte para elaboração de logística para tomada de decisão, disponibilizando as recomendações em intervalos
<b>Objetivo 4</b>		
<b>Desenvolver um programa computacional que descreva com eficiência o momento ótimo para tomada de decisão</b>		
<b>Ação</b>	<b>Meta</b>	<b>Resultado esperado</b>
Integrar diferentes fatores que interferem na tomada de decisão do controle.	Criar algoritmos computacionais para tomada de decisão no manejo de pragas.	Usar este software como ferramenta para o agricultor tomar a decisão no momento ótimo reduzindo o custo.
<b>Objetivo 5</b>		
<b>Validação do software</b>		
<b>Ação</b>	<b>Meta</b>	<b>Resultado esperado</b>
Avaliar em campo a confiabilidade e eficiência do software.	Confirmar que o uso do software é fiel aos dados coletados a priori.	Indicar com segurança o uso da ferramenta construída nessa tese, reduzindo o uso de agrotóxicos e/ou custo de controle para o manejo de pragas da parte aérea da cultura e indiretamente diminuir os impactos ambientais com o uso do controle eficaz.

## 5 Conclusão Geral

A pedra fundamental desta pesquisa, foi a criação no primeiro capítulo da cronologia histórica sobre o estudo de NDE, que veio para sanar lacunas existentes sobre conceitos, sobre autores, sobre a elaboração de modelos de cálculo de NDE e suas variações e sobre o contexto em que o NDE foi criado, proporcionando um elo entre o capítulo I com o II.

O estudo dos modelos de cálculo de NDE efetuados no capítulo II, demonstraram que nem sempre o melhor ajuste que representa o comportamento dos dados sobre taxa de perda de rendimento é utilizando o modelo linear, surgindo assim a necessidade de sempre pesquisar qual o melhor ajuste para cada conjunto de dados obtidos em experimentos a campo, e desta forma o uso do software facilita as tomadas de decisões embasada nos resultados estatísticos.

A relação intrínseca dos capítulos II e III que abordaram respectivamente a modelagem do cálculo do NDE e a elaboração de um aplicativo para tomada de decisão no manejo de pragas da soja, verificou-se quando os dados obtidos no capítulo II formaram um substancial banco de dados para utilizar-se como condição inicial no aplicativo elaborado no capítulo III, validando as simulações do aplicativo e demonstrando sua eficiência.

Embora a versão do software Pré-MIP elaborada nesta pesquisa esteja completa em relação ao objetivo traçado no início do estudo, outras alterações podem ser efetuadas futuramente, tais como inserir no software o estudo de georreferenciamento utilizado como uma modelagem prévia.

## Referências

Boas Villas et al. (1990). Efeito de diferentes populações de percevejos sobre o rendimento e seus componentes, características agrônômicas e qualidade das sementes de soja. Londrina - PR.

Corrêa-Ferreira B S e Azavedo J (2002). Soyben seed damage by dofferent specis of stink bug; Agricultural and Forest Entomology; V.4; n.2.

Ferreira S B, Peixoto M F, Silva F G, Christofili M Queiroz L S de O, R R C (2012). Eficiência dos inseticidas Acetamiprido e Alfa Cipermetrina em mistura para o controle de *Euschistus heros* na cultura da soja. I Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação do Câmpus Rio Verde do IFGoiano.

Gamundi J C, Andrian M L L, Bacigaluppo D N, Lago M E, Lenzi L, Randazzo P C, e Bodreiro M L (2003). Incidencia del complejo de chinches em el cultivo de soja com diferentes espaciamentos entre líneas. Para mejorar la producción, EEA Aoliveros. INTA. Oliveros. AR. n. 24.

Gassen D N (1980). Efeitos de níveis populacionais de *Nezara viridula* sobre a cultura de soja, em dois períodos de infestação. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Pedigo L P, Hutchins Sh. H, Higley L G (1986). Economic injury levels in theory and practice. Annual Review of Entomology 31:341-368.

Stern V M, Smith R F, van den Bosch R, Hagen K S (1959). The integrated control concept. Hilgardia 29:81- 101.