

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA

BRUNA ROSSETTO DELAZERI

VISUALIZAÇÃO HIERARQUICA APLICADA À METANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO
FUNGICIDA FLUQUINCONAZOL EM SEMENTES DE SOJA PARA O CONTROLE
DA FERRUGEM ASIÁTICA.

PONTA GROSSA

2016

BRUNA ROSSETTO DELAZERI

VISUALIZAÇÃO HIERARQUICA APLICADA À METANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO
FUNGICIDA FLUQUINCONAZOL EM SEMENTES DE SOJA PARA O CONTROLE
DA FERRUGEM ASIÁTICA.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade Estadual de Ponta Grossa, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Computação Aplicada na Área de Tecnologias para Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri
Co-orientadora: Prof^a Dr^a Simone Nasser Matos

PONTA GROSSA

2016

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

Delazeri, Bruna Rossetto
D343 Visualização hierarquica aplicada à
metanálise da eficiência do fungicida
fluquinconazol em sementes de soja para o
controle da ferrugem asiática/ Bruna
Rossetto Delazeri. Ponta Grossa, 2016.
122f.

Dissertação (Mestrado em Computação
Aplicada - Área de Concentração:
Computação para Tecnologias em
Agricultura), Universidade Estadual de
Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo
Giovanetti Canteri.

Coorientadora: Prof^a Dr^a Simone Nasser
Matos.

1.Ferrugem asiática da soja.
2.Metanálise. 3.Bifocal tree.
4.Ferramentas de metanálise. I.Canteri,
Marcelo Giovanetti. II. Matos, Simone
Nasser. III. Universidade Estadual de
Ponta Grossa. Mestrado em Computação
Aplicada. IV. T.

CDD: 004

TERMO DE APROVAÇÃO

Bruna Rossetto Delazeri

**“VISUALIZAÇÃO HIERÁRQUICA APLICADA À METANÁLISE DA EFICIÊNCIA
DO FUNGICIDA FLUQUINCONAZOL EM SEMENTES DE SOJA PARA O CONTROLE
DA FERRUGEM ASIÁTICA”.**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Coorientadora: 
Dr^a Simone Nasser Matos
UEPG/UTFPR


Dr^a Elaine Margarete Guimarães
UEPG


Dr. Carlos Alberto Alves Meira
EMBRAPA

Ponta Grossa, 15 de março de 2016.

RESUMO

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é um dos principais problemas fitossanitários da cultura da soja no Brasil. Visando diminuir os prejuízos causados pelo patógeno, o tratamento das sementes de soja com o fungicida fluquinconazol tem motivado pesquisadores a realizar estudos e simular seu desempenho. A compilação destes vários estudos pode ser realizada através da metanálise, que é uma técnica probabilística que produz um resultado que resume os estudos. No âmbito agrícola a metanálise é utilizada para realizar estimativas empíricas de eficiência para o desenvolvimento da produtividade e investigação econômica da agricultura, como é o caso do uso do fungicida fluquinconazol. A metanálise pode ser aplicada por meio de software existentes como por exemplo o *R*, executado através de comandos, e o WMA (Wizard Metanálise), que opera através de uma interface gráfica para entrada de dados feita pelo usuário. Os resultados gerados por ambos são exibidos em forma gráfica sem proporcionar interatividade com o usuário, tampouco reproduzem uma interface amigável e de fácil compreensão. Este trabalho aplicou a metanálise através do WMA, que utiliza o *R* para o cálculo dos resultados estatísticos, para determinar a eficiência do fungicida fluquinconazol na semente da soja utilizada para minimizar o impacto causado pela doença da ferrugem asiática na produtividade da cultura. Para proporcionar uma visualização dinâmica dos resultados obtidos pela metanálise este trabalho criou um método de identificação da melhor técnica de visualização de informação para representar dados hierárquicos. Este método foi aplicado para identificar qual técnica de visualização melhor representava o gráfico *forest plot*, a saber, *bifocal tree*. Mudanças foram realizadas no WMA tais como: incorporação de uma nova medida de efeito, mudança no sistema de ajuda e dos arquivos fontes e adição da técnica *bifocal tree* usando como ferramenta de apoio o *Gephi*. A implementação permitiu criar um ambiente mais interativo para análise dos resultados obtidos pelo *R* e fornece duas opções de exibição para o usuário: básica e a avançada. As vantagens da visualização é que o usuário consegue explorar mais os dados e resultados. Neste trabalho observou-se que houve um ganho na taxa de produtividade da soja com a utilização do fluquinconazol, para minimizar os efeitos causados pela ferrugem.

Palavras Chave: Ferrugem asiática da soja, Metanálise, Bifocal Tree, Ferramentas de Metanálise.

ABSTRACT

Asian soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi*, is one of the main phytosanitary problems of soybean in Brazil. Aiming to reduce the losses caused by the pathogen, the treatment of soybean seeds with fungicide fluquinconazole has motivated researchers to conduct studies and simulate their performance. The compilation of these various studies may be conducted by the meta-analysis, which is a probabilistic technique that produces a result which summarizes studies. In agricultural context, meta-analysis is used to perform empirical estimates of technical efficiency for the development of productivity and economic research of agriculture, such as the use of the fungicide fluquinconazole. Meta-analysis can be applied through existing software such as R, run through commands, and WMA, which operates through a graphical user interface for data entry made by the user. The results generated by both software are shown in graphical form without providing interactivity with the user, neither reproducing a friendly software and easy to understand interface. This study applied meta-analysis using the WMA Software, which uses R to calculate the statistical results, to determine the efficiency of fungicide fluquinconazole in soybean seed, used to minimize the impact of the asian rust disease in the crop productivity. To provide a dynamic display of obtained results by meta-analysis, this study created a method to identify the best information visualization technique to represent hierarchical data. This method was applied to identify which better visualization technique represented the graphic forest plot, namely, *bifocal tree*. Changes were made at the WMA, such as: incorporation of a new effect measure, change in the help system and font files and the implementation *bifocal tree* technique using *Gephi* as a support tool. The implementation allowed to create a more interactive environment for analyzing the results of the R and provides two display options for the user: basic and advanced. The advantages of the visualization are that the user can explore more the data and results. In this study it was observed that when fluquinconazole was used to minimize the effects caused by rust soybean productivity (yield) was improved.

Keywords: Soybean rust, Meta-analysis, Bifocal Tree, Meta-analysis Tools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fórmula estrutural do fungicida fluquinconazol	20
Figura 2 – Fluxograma com os passos para realização da metanálise	23
Figura 3 - Resultado gerado pelo Software <i>R</i> da Metanálise sobre o uso do Fluquinconazol no tratamento da semente da soja	28
Figura 4 – Comandos para execução da metanálise no Software <i>R</i>	30
Figura 5 – Comparação de processos para realizar a metanálise	31
Figura 6 – Tela da escolha da medida de efeito do sistema WMA.....	32
Figura 7 - Tela da escolha da base de dados do sistema WMA	33
Figura 8 - Tela da seleção de parâmetros do sistema WMA.....	34
Figura 9 - Tela de resultados do sistema WMA.....	36
Figura 10 – Relação entre a porcentagem de perda de produção e severidade da doença na cultura do trigo	49
Figura 11 - Visão geral da metanálise resultante de artigos selecionados Sobre o uso do Fluquinconazol	53
Figura 12 – Fluxograma de inserção da medida de efeito diferença média padronizada no WMA.....	65
Figura 13 – Arquitetura do software WMA	67
Figura 14 - Fluxograma de inserção da <i>bifocal tree</i> no WMA.....	69
Figura 15 – Estrutura arquitetural do WMA modificada para inserção da medida de efeito	74
Figura 16 – Tela inicial do software WMA	76
Figura 17 – Página inicial do sistema de ajuda do WMA	77
Figura 18 – Seleção da medida de efeito diferença média padronizada no software WMA	77
Figura 19 – Seleção da base de dados no software WMA.....	80
Figura 20 – Seleção de atributos da base de dados no software WMA	82
Figura 21 – Exibição dos resultados da metanálise através do software WMA	84
Figura 22 - Estrutura arquitetural do WMA modificada para inserção da técnica <i>bifocal tree</i>	86

Figura 23 – Criação do nó metanálise.....	88
Figura 24 – Criação de arestas que ligam a metanálise aos estudos	88
Figura 25 – Personalização do gráfico	89
Figura 26 – Implementação do <i>layout</i> do gráfico.....	89
Figura 27 – Exportação do gráfico implementado	90
Figura 28 – Seleção do modo de exibição da técnica <i>bifocal tree</i> na software WMA	90
Figura 29 – Parte inicial da visualização básica da técnica bifocal tree	92
Figura 30 – Pesquisa dos experimentos do estudo de Canteri (2006) na visualização básica.....	94
Figura 31 – Atributos do experiment SC Trif+Prot.....	96
Figura 32 – Parte inicial da visualização avançada da técnica bifocal tree	99
Figura 33 – Filtragem do atributo Estimativa de Efeito.....	101
Figura 34 – Classificação dos dados através do atributo Estimativa do Efeito	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Banco de dados Fluquinconazol para os experimentos realizados pelo estudo de Canteri (2006).....	54
Tabela 2 - Técnicas de Visualização de Informação Eliminatória aplicada na base de dados Fluquinconazol	59
Tabela 3 Técnicas de Visualização de Informação Classificatórias aplicadas na base de dados Fluquinconazol	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das 18 técnicas de visualização de informação hierárquica estudadas.....	40
Quadro 2 – Características dos trabalhos relacionados.....	50
Quadro 3 – Software que suportam Técnicas Hierárquicas	63
Quadro 4 – Características dos formatos.....	64
Quadro 5 – Comparação de características do trabalho proposto com os da literatura	106

LISTA DE SIGLAS

FAS	Ferrugem asiática da soja
MA	Metanálise
ME	Medida de efeito
TVH	Técnica de visualização de informação hierárquica
TVI	Técnica de visualização de informação
VI	Visualização de informação
REML	Restrito Máxima Verossimilhança
WMA	Wizard metanálise

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVO GERAL	15
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA.....	17
2.1.1. FLUQUINCONAZOL.....	19
2.2. METANÁLISE	21
2.2.1. MEDIDA DE EFEITO (ME).....	24
2.3. SOFTWARE R.....	26
2.4. WMA (Wizard Metanálise).....	30
2.5. TÉCNICA DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO	37
2.5.1. TÉCNICAS HIERÁRQUICAS DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO ...	39
2.6. TRABALHOS RELACIONADOS.....	47
3. METODOLOGIA.....	51
3.1. PASSOS PARA REALIZAÇÃO DA METANÁLISE APLICADA NA AGRICULTURA 51	
3.2. MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DA TÉCNICA DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO PARA REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA METANÁLISE	55
3.3. ANÁLISE DE FERRAMENTAS QUE SUPORTAM TÉCNICAS HIERÁRQUICAS	63
3.4. INCORPORAÇÃO DA MEDIDA DE EFEITO DIFERENÇA MÉDIA PADRONIZADA E DA TÉCNICA BIFOCAL TREE NO SOFTWARE WMA	65
4. RESULTADOS	72
4.1. WMA: VERSÃO ATUALIZADA.....	72
4.1.1. INSERÇÃO DA MEDIDA DE EFEITO	72
4.1.3. APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO BIFOCAL TREE NO WMA.....	85
4.1.3.1. VISUALIZAÇÃO BÁSICA.....	91
4.1.3.2. VISUALIZAÇÃO AVANÇADA	97

4.1.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS USANDO O SOFTWARE E AS TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO.....	100
4.2. COMPARAÇÃO DO TRABALHO PROPOSTO COM OS DA LITERATURA ...	105
5. CONCLUSÃO	107
5.1. TRABALHOS FUTUROS	109
REFERÊNCIAS	110
APÊNDICE A – Lista de Trabalhos Utilizados na Base de Dados Fluquinconazol	118

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa científica é aplicada em diversas áreas de estudos e é possível encontrar vários resultados de experimentos sobre o mesmo conteúdo (MADDEN; PAUL, 2011). Uma forma de reunir os dados destes experimentos para melhor análise de dados é provida pela metanálise.

A metanálise (MA) é uma técnica probabilística que utiliza da fusão de resultados obtidos em diversos estudos e produz resultados que resumem o conjunto. É uma prática popular nas áreas médica, farmacêutica, educacional e no *marketing*.

No âmbito agrícola a MA é utilizada para realizar estimativas empíricas de eficiência para o desenvolvimento da produtividade e investigação econômica da agricultura (THIAM *et al.*, 2001; OGUNDARI, 2014). A infestação de doenças em cultivares é um fator limitante para o desenvolvimento das culturas que compromete sua produtividade. Cerca de 30% da produção mundial foi perdida devido aos problemas causados pelas doenças (NAUE *et al.*, 2010).

A ferrugem asiática da soja (FAS) é uma doença, causada por um fungo, que afeta grandes áreas de plantio de soja provocando prejuízos todos os anos e seu controle é feito exclusivamente com o uso de fungicidas. O uso do fungicida Fluquinconazol no controle dos fungos passou a ser altamente recomendado como uma solução estratégica no manejo da ferrugem asiática da soja, podendo retardar a propagação da doença na lavoura (GODOY; HENNING, 2008).

A metanálise na agricultura surgiu em um momento de crise, antes da Segunda Guerra Mundial, com a necessidade da utilização racional de recursos, incluindo os dados de pesquisa (LUIZ, 2002).

A técnica MA pode ser aplicada em um modelo de efeito fixo ou aleatório por meio de software existentes, como exemplo, o software *R* (ZIEGELMANN, 2013) e o WMA (SILVA, 2015).

O Software *R* opera através de linhas de comando e o WMA trabalha com entrada de dados gráfica e realiza uma interface com o *R*. Ambos os software utilizam-se dos mesmos recursos gráficos estáticos para visualização dos resultados (*forest plot*, *funnel plot*, *standard residuals* e *radial plot*) e estes não proporcionam interatividade com o usuário e não contêm uma interface amigável e de fácil

compreensão. Neste trabalho foi explorado os resultados exibidos pelo gráfico forest plot.

Shah e Andrade (2015) e Langan *et al.* (2012) proveram métodos gráficos que aperfeiçoassem a exibição dos gráficos estáticos, mas não proporcionaram a interatividade do usuário com os dados.

Para que se possa obter uma análise exploratória visual dos resultados mais satisfatória, existem as técnicas de visualização de informação, que são aplicadas para mapear os dados em forma gráfica com o objetivo de ampliar a cognição do usuário (THIAM *et al.*, 2001).

As técnicas de visualização de informação são métodos de computação gráfica empregados para auxiliar no processo de análise de um conjunto de dados por meio de representações gráficas manipuláveis. Estas representações não apenas apresentam os resultados, mas fornecem mecanismos que permitem ao usuário interagir com a informação, examinando-a visualmente (VALIATI *et al.*, 2008). As técnicas são divididas em quatro grupos principais: geométricas, orientadas a pixel, iconográficas e hierárquicas (OLIVEIRA NETTO, 2008). Neste trabalho foram exploradas as técnicas de visualização de informação hierárquicas (TVH), pois observou-se que a disposição dos dados contidos no gráfico forest plot obedecem uma organização hierárquica.

Tufte (2001) realizou um trabalho que estabelece diretrizes para melhorar a apresentação dos dados, porém, não determinou um método que melhor visualize uma estrutura de dados.

Este trabalho utilizou como fonte de execução da metanálise o WMA, pois, além de oferecer uma interface amigável, usa o *R* para o cálculo dos resultados estatísticos. A metanálise foi aplicada para determinar a eficácia do uso do fungicida fluquinconazol na semente de soja, na *Base de Dados Fluquinconazol* (Apêndice A), utilizada para minimizar o impacto causado pela doença da ferrugem asiática na produtividade da cultura.

A execução da metanálise exigiu algumas mudanças no WMA, tais como: inserção de nova medida de efeito, alteração do sistema *web* de ajuda e alteração de arquivos fontes. Além disso, para proporcionar uma visualização dinâmica foi necessário o estudo dos resultados gerados pela metanálise por meio do gráfico *forest plot*.

Ao analisar o gráfico, identificou-se os atributos dispostos e observou-se que existia uma hierarquia na representação dos dados. Por isso, este trabalho, baseado nas diretrizes de Tufte (2001), criou um método de identificação da melhor técnica de visualização para representação de dados hierárquicos. Este método foi desenvolvido com a participação do aluno de iniciação científica Felipe Gusmão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O método criado foi aplicado na *Base de Dados Fluquinconazol* e identificou-se que a representação dos dados dispostos no *forest plot* melhor seriam representados pela técnica de visualização *bifocal tree* (CAVA *et al.*, 2002). Com a técnica eleita não era contemplada no software WMA, houve a necessidade de pesquisar software que suportassem a técnica. Foi selecionado o *Gephi* (BASTIAN *et al.*, 2009), e criado o algoritmo baseado nas características da técnica. A implementação do algoritmo, no WMA, permitiu uma interatividade maior do usuário, podendo escolher dois tipos de visualização: *básica* e *avançada*. A visualização *básica* permite a exibição dos dados diferenciando-os por meio de tamanho e cor. A visualização *avançada* disponibiliza ao usuário a personalização dos atributos que devem ser exibidos.

As vantagens da visualização é que o usuário obtém maior interação com os dados e melhor exploração dos resultados alcançados. No caso da base aplicada, foi possível observar que a taxa de produtividade da soja com a utilização do fluquinconazol, para minimizar os efeitos causados da ferrugem, teve um aumento.

1.1.OBJETIVO GERAL

Aplicar a metanálise utilizando dados de produtividade da soja com o uso do fungicida fluquinconazol no combate à doença da ferrugem asiática e aplicar as técnicas de visualização de informação para melhorar a análise dos resultados obtidos pela metanálise.

1.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar as dificuldades de análise do gráfico *forest plot*

- Criar um método para determinar a melhor técnica de visualização de informação hierárquica para representação de uma base de dados hierárquicos
- Implementar a medida de efeito diferença média padronizada ao software WMA
- Implementar um algoritmo para aplicar a técnica eleita *bifocal tree* ao software WMA
- Adaptar o Software *Gephi* para exibir a técnica eleita

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho se divide em cinco capítulos. O Capítulo 1 faz a introdução ao tema que envolve a pesquisa e apresenta os objetivos geral e os específicos.

O Capítulo 2 descreve a revisão bibliográfica acerca da temática utilizada para realização deste trabalho. O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

O Capítulo 4 descreve os resultados obtidos por meio desta pesquisa. O Capítulo 5 apresenta as considerações finais acerca dos resultados atingidos e expõe os trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos a partir desta pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta o levantamento teórico e conceitual dos temas abordados por este trabalho. A seção 2.1 narra sobre a doença da ferrugem asiática que atinge a cultura da soja e o fungicida fluquinconazol como uma importante alternativa para tratamento desta doença. A seção 2.2 aborda os conceitos sobre a metanálise, medida de efeito, heterogeneidade dos estudos e o software *R* como uma ferramenta para calcular a metanálise. A seção 2.3 descreve os conceitos das técnicas de visualização de informação, evidenciando as técnicas hierárquicas e relatando os conceitos das 18 técnicas estudadas. A seção 2.4 exhibe os trabalhos que abordam características similares a esta pesquisa.

2.1. FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

Mundialmente são listadas mais de 100 diferentes espécies de doenças que infectam a cultura da soja. Deste total, metade já foi identificada no Brasil. Este número cresce todos os anos devido à expansão de novas áreas de cultivo, por suas características nutritivas, industriais e sua adaptabilidade flexível em diferentes latitudes, solos e condições climáticas, e, sobretudo, em razão do estabelecimento da monocultura (REZENDE; JULIATTI, 2010).

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é um dos principais problemas fitossanitários da cultura da soja no Brasil. Desde 2001, ano do primeiro relato da ocorrência no Brasil, esta doença passou a representar grandes prejuízos econômicos e provocar reduções de até 80% de produtividade na área afetada (HIKISHIMA *et al.*, 2010).

Quando infectada, a planta manifesta um rápido amarelecimento e as folhas caem antes da formação dos grãos. Se o desfolhamento ocorrer precocemente, menores serão os grãos produzidos e, conseqüentemente, afetará o rendimento e a qualidade do grão (MARTINS *et al.*, 2007). Para tanto, o controle da doença exige uma combinação de práticas que vão desde a época do plantio até a aplicação de pesticidas na dose e data adequada (TOGNI, 2008).

O ambiente propício para ocorrência da doença com maior severidade se dá em áreas onde há um período prolongado de molhamento foliar, em torno de 10 a 12 horas e com temperaturas médias abaixo de 28°C. Após a inoculação na área, as

primeiras lesões na planta são visíveis em 4 ou 5 dias e as primeiras urédias e esporulações do fungo se dão entre o sexto e sétimo dia (TOGNI, 2008).

As manifestações visíveis da doença são caracterizadas por pontos de no máximo 1mm de diâmetro mais escuros que a folha sadia, que, progressivamente adquirem coloração que variam do castanho claro para o escuro (semelhante à coloração da ferrugem) e abrem um minúsculo poro por onde são liberados os uredósporos. À medida que a esporulação avança, a visibilidade da infecção da doença na área passa a ser maior (TOGNI, 2008).

A severidade da propagação do dano causado pelo *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja depende de quatro principais fatores, sendo eles (TOGNI, 2008):

- Momento em que o patógeno incide na cultura;
- Condições climáticas favoráveis à multiplicação;
- Utilização de variedades resistentes/ tolerantes;
- Rotação de cultura utilizada.

Para garantir a rentabilidade econômica e prevenir o surgimento da doença na cultura algumas práticas como o preparo do solo adequado, a semeadura na época adequada, a aplicação correta de agroquímicos, a regulação ideal da semeadora e, principalmente a utilização de semente de boa qualidade, são aplicadas (ARAÚJO *et al.*, 2012).

Os patógenos que atacam a sojicultura, em sua maioria, estão associados às sementes ou presentes no solo, para tanto, o tratamento das sementes de soja com fungicidas tem sido aplicado como uma forma eficiente no manejo da doença da ferrugem quando não há condições ideais de semeadura (TOGNI, 2008).

Quando detectada a doença na área cultivada, a aplicação de agroquímicos tem viabilizado o cultivo, evitando a redução de rendimento. Entretanto, o elevado número de pulverizações para o controle da doença resulta no aumento do custo da produção e amplia o dano causado ao ambiente e à saúde humana (HIKISHIMA *et al.*, 2010).

Para adotar qualquer estratégia de controle de doenças e realizar estudos epidemiológicos nas plantas foi necessário o desenvolvimento de métodos para quantificar os danos causados, denominados fitopatometria (NAUE *et al.*, 2010). Os métodos desenvolvidos devem ser confiáveis, precisos e seguros, para que os resultados obtidos possam ser rapidamente reproduzidos (GODOY *et al.*, 2006). A

quantificação de doenças pode ser avaliada por dois diferentes métodos (NAUE *et al.*, 2010):

- Direto: Quantificação da doença é feita diretamente pelos sintomas;
- Indireto: Quantificação é feita pela população do patógeno.

A padronização dos métodos utilizados para análise e avaliação da doença, permite que diferentes estudos possam ser comparados (GODOY *et al.*, 2006). O sensoriamento remoto é um método direto de quantificação de doença que está sendo aplicado e capta informações do objeto em análise, sem que haja contato físico com o mesmo, viabilizando seu uso pelo aumento da aquisição de dados e redução de trabalho manual. Além disso, é utilizado na detecção de plantas infectadas (NAUE *et al.*, 2010).

A severidade também é um método direto utilizado para a quantificação da doença, em que o recurso mais usado é o da escala diagramática e corresponde à representação ilustrativa de diversas plantas, ou parte delas, com sintomas de diferentes níveis de severidade. Seu uso é simples e seus resultados são facilmente reproduzíveis (GODOY *et al.*, 2006).

Dentre os métodos indiretos para quantificação de doença está a estimativa da população do patógeno, sua distribuição espacial, os danos causados na produção (IWANO, 2013) e a refletância (SILVA *et al.*, 2009).

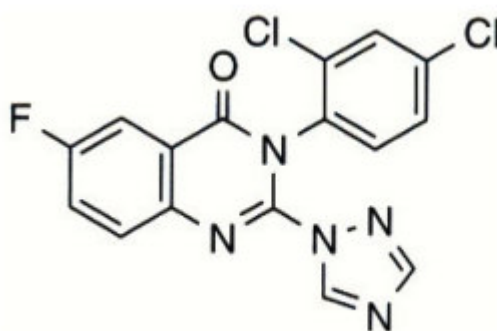
Entretanto, para que o resultado da quantificação da doença na cultura não seja excessivo, causando grandes prejuízos e perdas irreparáveis na cultura, o tratamento das sementes de soja com o fungicida fluquinconazol tem sido utilizado para controlar o patógeno causador (ARAÚJO *et al.*, 2012).

2.1.1. FLUQUINCONAZOL

O fluquinconazol é um fungicida que, em 2007, passou a ser recomendado pela Embrapa como uma ferramenta de auxílio ao manejo da ferrugem asiática (TOGNI, 2008). O uso deste tem atrasado o início de epidemias, retardando a taxa de progresso da FAS (ferrugem asiática da soja) e a desfolha das plantas, porém, não dispensa o tratamento químico convencional/padrão, realizado com fungicidas sistêmicos e de contato com as folhas (GODOY; HENNING, 2008; GOULART *et al.*, 2010).

Pertencente ao grupo químico dos triazóis, o fluquinconazol ou fuquinconazole é um fungicida sistêmico, ou seja, após a aplicação o produto é incorporado ao fruto da planta (NAVICKIENE, 2003). Este agroquímico possui índice monográfico F51, sinonímia SN 59265 ou FBC 97265, nome químico 3-(2,4-dichlorophenyl)-6-fluoro-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)quinazolin-4(3H)-one, fórmula bruta $C_{16}H_8Cl_2FN_5O$ E_16 H_8 [Cl]_2 [FN]_5 O e sua fórmula estrutural está apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Fórmula estrutural do fungicida fluquinconazol



Fonte: ANVISA, 2007.

O controle de doenças causadas por fungos da parte aérea da planta através do tratamento de sementes é uma nova alternativa que proporciona novas perspectivas no controle de doenças em cereais, pois apresenta fácil utilização e reduz o risco de contaminação ambiental (PIMENTA, 2009). Os fungicidas quando aplicados na semente são transportados para os órgãos aéreos da planta, oferecendo proteção por longo período. Este é um método relativamente simples que busca aumentar a produtividade com baixo custo (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Estudos realizados apresentam resultados que demonstram que o uso do fluquinconazol no tratamento padrão de sementes, utilizado para retardar a evolução da ferrugem na parte aérea das plantas, não ocasiona problemas de fitotoxidade à soja, diferentemente de outros fungicidas do mesmo grupo químico, o triazol, que podem prejudicar o desenvolvimento da planta (GOULART *et al.*, 2010).

Comercialmente conhecido como Atento, o hodierno fungicida fluquinconazol, utilizado no manejo da ferrugem asiática da soja, tem apresentado resultados satisfatórios em experimentos quando empregado nas sementes e/ou pulverizado na

parte aérea das plantas (REZENDE e JULIATTI, 2010; TOGNI *et al.*, 2007; FURLAN e SCHERB, 2007).

Segundo experimentos realizados por Goulart *et al.* (2010) a adição do fluquinconazol ao tratamento de sementes, sem considerar a aplicação de fungicidas na parte aérea da soja, apresentou retardo na evolução da ferrugem e evidenciou grande diferença em relação à severidade e desfolha de sementes que não foram tratadas com o mesmo.

Menten *et al.* (2007) observaram que o uso do fluquinconazol no tratamento de sementes, acompanhado de aplicações foliares de (*trifloxistrobina+tebuconazol*) + (*óleo metilado de soja*) e *tebuconazol*, reduziram a taxa de progresso da FAS, quando comparado às plantas que não sofreram o tratamento de sementes com o triazol.

Segundo Costa (2007) o controle da ferrugem na soja deve ser feito com fungicidas e formulações próprias para este fim, o que evidencia a necessidade de aprimoramento de tecnologia.

O tratamento de sementes com o fluquinconazol apresenta bons resultados no manejo da ferrugem da soja, conferindo uma proteção inicial às plantas, retardando o aparecimento da doença na área cultivada, reduzindo o potencial dos inóculos primários e ainda favorece a eficiência das pulverizações foliares (SCHERB, 2005).

Devido à importância do fungicida para o controle de uma doença, que preocupa agricultores anualmente, diversos estudos foram realizados para simular seu desempenho aplicado à semente da soja. Para comprovar a eficiência do fungicida emprega-se a metanálise, que determina um coeficiente obtido a partir da compilação de todos os trabalhos selecionados e que continham o mesmo objetivo.

2.2. METANÁLISE

A metanálise usa técnicas estatísticas de agrupamento que combina e analisa os resultados de diversos estudos de uma área de modo a obter resultados mais específicos ou até mesmo definitivos (PATEL, 1989).

O pré-requisito de maior importância da metanálise é que os diversos estudos individuais abordem o mesmo assunto de pesquisa ou então examine diferentes

aspectos de uma questão mais ampla (DELAYAINE *et al.*, 1991). Os objetivos de uma metanálise podem ser definidos por (PATEL, 1989):

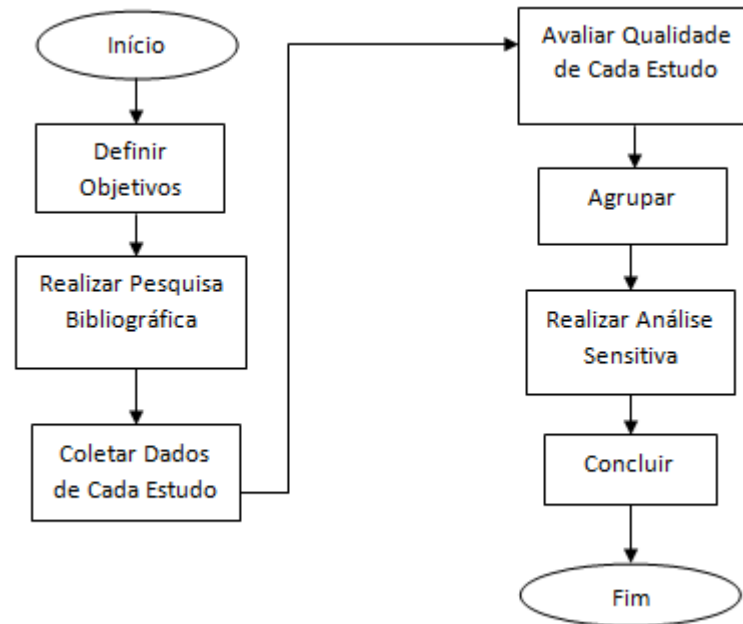
- Obter uma estimativa central ideal de uma série de estimativas quantitativas;
- Melhorar a precisão com que uma quantidade é estimada;
- Resolver uma incerteza quando uma série de estudos diferem suas conclusões;
- Dar respostas às questões que não são tratadas em qualquer estudo individual, mas que podem ser examinadas em subgrupos de estudos em diferentes contextos sistemáticos.

Embora alguns autores (PATEL, 1989; FEUER, 1999) cite apenas as estimativas quantitativas resultantes de cálculos estatísticos de diversos estudos, Delayaine *et al.*(1991) esclarecem que tanto a abordagem quantitativa quanto a qualitativa são possíveis na metanálise. As análises metodológicas identificam estudos que possuem validade científica e fornecem uma resposta qualitativa para a pesquisa original. Os passos de uma abordagem qualitativa realizada por meio da metanálise são (DELAYAINE *et al.*, 1991):

- Formulação de pergunta da pesquisa;
- Pesquisa bibliográfica;
- Definição de critérios de julgamento da validade científica;
- Aplicação dos critérios para cada estudo.

A qualidade da precisão estatística obtida da metanálise depende da exaustividade da pesquisa bibliográfica, ou seja, é proporcional ao número de amostras encontradas. Para tanto, alguns passos para realização da metanálise garantem a melhor qualidade, conforme ilustra o fluxograma da Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma com os passos para realização da metanálise



Fonte: Adaptado de Delayaine *et al.* (1991)

Os passos constituem em (DELAYAINE *et al.*, 1991):

- **Definir Objetivos:** Os objetivos da metanálise devem ser claramente explicitados. Um protocolo deve ser rigorosamente escrito antes da realização da metanálise, indicando hipóteses e procedimentos a serem utilizados.
- **Realizar Pesquisa bibliográfica:** A qualidade da metanálise depende muito da exaustividade da pesquisa bibliográfica. A pesquisa deve envolver diversos meios, como: manual de cursos, computador, pesquisa na literatura e consulta em jornais, livros, manuais e anais de workshop.
- **Coletar dados de cada estudo:** Três tipos de dados são usados em uma metanálise:
 - **Dados individuais:** Raramente utilizado, este tipo de coleta pode trazer limitações ao resultado, uma vez que os dados coletados provêm de ensaios individuais com poucos experimentos;

- **Dados resumidos de artigos publicados:** Este processo é longo e bastante suscetível a erros. Para evitá-los, os dados devem ser coletados por duas ou mais pessoas e, em caso de desacordo, deve-se haver consenso em reuniões programadas;
- **Medida de efeito:** Frequentemente utilizada, representa a diferença entre a média de um grupo tratado e a média de um grupo controlado, dividido pelo desvio padrão do grupo controlado.
- **Avaliar a qualidade de cada estudo:** Este passo é utilizado para eleger um limite para inclusão e exclusão de um estudo, para dar um respectivo peso a cada estudo e comparar os resultados de cada estudo com seu índice de qualidade;
- **Agrupar:** Este passo resume-se em verificar a existência da heterogeneidade entre os estudos para poder agrupá-los na metanálise;
- **Realizar Análise sensível:** Neste passo deve-se analisar a sensibilidade dos resultados da metanálise com relação ao método utilizado, de efeito fixo ou aleatório;
- **Concluir:** Relata a discussão da qualidade dos resultados obtidos pela metanálise, a escolha dos estudos, a qualidade e a homogeneidade.

Para combinar os estudos em uma metanálise é necessário determinar a medida de efeito (ME) e calculá-la para cada estudo, assim os estudos serão agrupados através da medida adotada.

2.2.1. MEDIDA DE EFEITO (ME)

A escolha da ME depende da pesquisa em questão, do tipo de variável envolvida e da quantidade de grupos comparados (ZIEGELMANN, 2013). Algumas das medidas de efeito mais utilizadas para o cálculo da metanálise são (BORENSTEIN, 2009):

- Medida de efeito baseada na média
 - Diferença média básica (não padronizada)

- Diferença média padronizada
- Razão de resposta
- Medida de efeito baseada em dados binários
 - Razão de risco
 - Razão de chances
 - Diferença de risco
- Medida de efeito baseada em dados correlatos
 - Correlação

Neste trabalho a medida de efeito utilizada será a diferença média padronizada, pois os experimentos utilizam a diferença entre uma porção que utiliza o fungicida no tratamento da semente e outra que não, chamada testemunha. Esta medida de efeito é um método indireto para quantificar a severidade da doença, pois a produtividade, utilizada como parâmetro, é resultado dos danos que a ferrugem causou na cultura da soja.

Definida a medida de efeito, é importante apontar a presença ou não de heterogeneidade entre os estudos classificados (ZIEGELMANN, 2013).

Diferentes estudos podem produzir várias estimativas para uma mesma medida de efeito. Esta diferença é chamada de heterogeneidade e, quanto maior a distinção, maior será a heterogeneidade. As duas formas mais usuais de explorar a heterogeneidade são o teste Q de Cochran, que apresenta como hipótese nula que os estudos incluídos na metanálise possuam homogeneidade. Em outras palavras, o valor da heterogeneidade não deve ser maior do que esperado devido ao acaso, e o I^2 de Higgins e Thompson, que é uma forma mais direta de verificar a heterogeneidade. Seu resultado é apresentado em forma de proporção, indicando o valor percentual da heterogeneidade, excluindo o acaso (ZIEGELMANN, 2013).

Depois de calculada a heterogeneidade entre os estudos, é necessário escolher o modelo mais adequado ao estudo de caso, fixo ou aleatório (ZIEGELMANN, 2013).

O modelo fixo considera que todos os estudos incluídos na metanálise são provenientes de uma mesma população de estudos. É utilizado quando a medida de efeito é a mesma em todos os estudos e ambas apresentam características idênticas. Este modelo apresenta como resultado uma medida de efeito única com seu respectivo intervalo de confiança (ZIEGELMANN, 2013).

O Modelo de efeito aleatório apresenta como resultado uma única medida de efeito, juntamente com o intervalo de confiança. Porém, este considera que a medida de efeito pode não ser idêntica em todos os estudos, havendo variabilidade entre eles. Este modelo é ideal quando o pesquisador deseja combinar vários estudos que possuem o mesmo objeto de estudo, porém, foram conduzidos de forma distinta. Neste caso, a precisão dos resultados tende a ser menor, com um intervalo de confiança maior (ZIEGELMANN, 2013).

Para calcular o modelo de efeito aleatório existem diversos métodos como: *DerSimonian-Laird*, *Máxima Verossimilhança*, *Máxima Verossimilhança Restrita*, *Hedges*, *Hunter-Schmidt* e *Sidik-Jonkman* (MADDEN; PAUL, 2011).

Os modelos de efeito fixo e aleatório são executados por meio de software estatísticos, como por exemplo o Software *R* (ZIEGELMANN, 2013), STATA (STATACORP, 2015), RevMan (HIGGINS; GREEN, 2011) e CMA (BORENSTEIN, 2005). Neste trabalho foi adotado o *R* pois está disponível sob a licença GNU, é gratuito e livre, além disso, é usado para calcular dados da metanálise no software WMA (SILVA, 2015). O WMA é um software desenvolvido contendo uma interface mais amigável para execução da metanálise, mais detalhes são apresentados na seção 2.2.3.

2.3. SOFTWARE *R*

O *R* é um software definido como uma linguagem e ambiente para estatística computacional e gráfica. Ele é gratuito e de livre distribuição sob os termos da GNU (HORNIK; LEISH, 2008).

R fornece uma integração de variedades estatísticas e técnicas gráficas e é extensível, permitindo criação e modificação de suas funções. É compilado e rodado pelas plataformas do Linux, Windows e MacOS (VENABLES *et al.*, 2001). Dentre vários recursos, o software possui (HORNIK; LEISH, 2008):

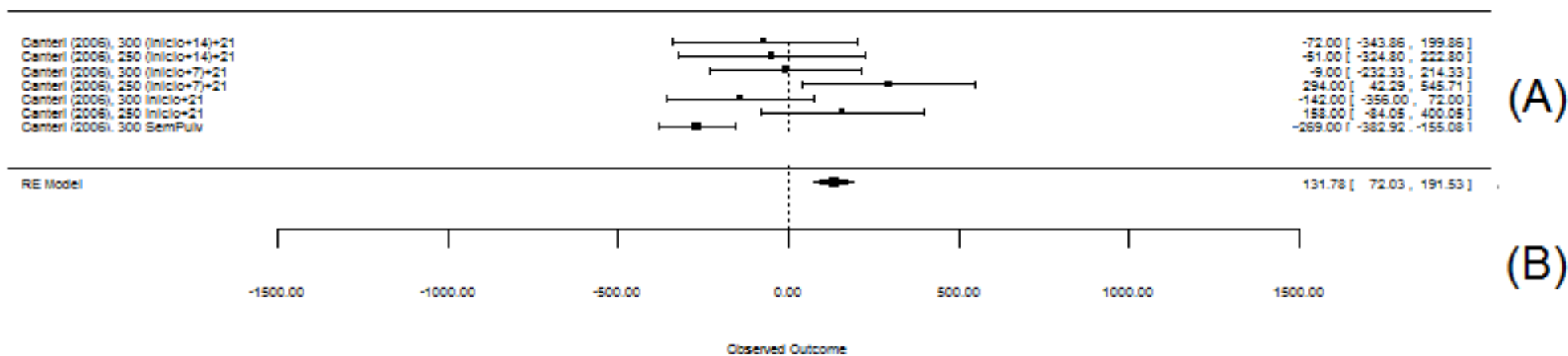
- Manipulação de dados eficaz e facilidade de armazenamento;
- Conjunto de operadores para cálculos em tabelas e matrizes;
- Facilidades gráficas para análise e interpretação dos dados;
- Linguagem de programação simples e eficaz, chamada 'S'.

Referindo-se aos procedimentos estatísticos, o Software *R* possui diversas funções, como: linear, modelos lineares generalizados, modelos de regressão não-linear, análise de séries temporais, parâmetros clássicos e testes não paramétricos, agrupamento e nivelamento (HORNÍK; LEISH, 2008).

Existem diversos métodos gráficos para apresentar os resultados estatísticos obtidos pela aplicação da metanálise através do Software *R*, são eles: *forest plot*, *funnel plot*, *radial plot* e *standardized residuals*. Tradicionalmente, o mais utilizado é o gráfico *forest plot* (DELAYAINE *et al.*, 1991). Este é capaz de sintetizar graficamente a particularidade de informações de cada estudo aplicado e os resultados da metanálise exprimem em uma única figura todos os dados sobre a precisão do tratamento e a contribuição particular de cada estudo para o resultado da análise (DELAYAINE *et al.*, 1991).

A Figura 3 ilustra o gráfico *forest plot* trazendo como resultado a metanálise do *Banco de Dados Fluquinconazol* (Apêndice A), executada no Software *R* através de linhas de comando. Na Figura 3 (A), são exibidos apenas os 8 experimentos do estudo Canteri (2006), pois exibir todos 64 experimentos ficaria ilegível na imagem. A Figura 3 (B) ilustra o resultado da metanálise dos 64 experimentos. Os estudos mostram o aumento, ou não, da taxa de produtividade da cultura da soja com a aplicação do fungicida Fluquinconazol na semente da soja, através do método *Restrito Máxima Verossimilhança* (REML).

Figura 3 - Resultado gerado pelo Software R da Metanálise sobre o uso do Fluquinconazol no tratamento da semente da soja



Fonte: O Autor

Na coluna da esquerda estão listados os estudos escolhidos para realizar a revisão sistemática. As linhas horizontais representam o intervalo de confiança de cada estudo. Se a linha horizontal tocar a vertical indica que não há diferença estatística entre os grupos em relação ao benefício ou malefício do tratamento.

O ponto central de cada linha horizontal representa a diferença média padronizada, ou seja, o tamanho do efeito do estudo. Ainda no ponto central, as diferenças de tamanhos indicam o peso relativo que cada estudo no resultado final. O losango (ou diamante) localizado na parte inferior da figura indica o resultado final da combinação dos estudos, ou seja, a metanálise, e seu tamanho representa o intervalo de confiança.

Este exemplo foi realizado através do modelo de efeito aleatório (RE Model indicado no gráfico da Figura 3) com o método de *Máxima Verossimilhança Restrita* (REML). Os valores à esquerda do gráfico representam a medida de efeito de cada estudo e entre colchetes estão os valores dos limites inferiores e superiores dos intervalos de confiança para os coeficientes da medida de efeito.

O gráfico *forest plot* é utilizado para mostrar informações individuais de cada experimento incluído na metanálise. Para cada um o gráfico exibe a medida de efeito (representado geralmente por um círculo preto) e seu respectivo intervalo de confiança (representado por uma linha que corta o círculo que representa a medida de efeito). Ao final do gráfico é exibido o resultado final da metanálise obtido pela compilação dos diversos experimentos incluídos no estudo (ZIEGELMANN, 2013).

O Software *R* produz as respostas tanto em forma textual quanto gráfica (Figura 3). Os *displays* gráficos são parte integrante da metanálise utilizados para facilitar a comunicação visual, realçar características importantes e exibir os resultados estatísticos produzidos (LANGAN *et al.*, 2012).

O gráfico *forest plot* se apresenta ao usuário de forma não interativa e com dados estáticos, dificultando a interação com o usuário. Para tanto, uma melhor análise exploratória visual dos resultados se evidencia como fator importante para que as tomadas de decisões a partir dos resultados obtidos possam ser aplicadas com mais precisão. Esta característica pode ser aperfeiçoada através do uso das técnicas de visualização hierárquicas, onde cada estudo é o nó pai e seus experimentos são os nós filhos, permitindo uma busca aprimorada o que capacita a

inserção de mais elementos ao estudo de caso e possibilita o agrupamento dos elementos, melhorando a visualização específica de cada resultado obtido.

Para gerar o gráfico da metanálise no Software *R* é necessário utilizar comandos pré-estabelecidos para carregar a tabela, calcular a metanálise, carregar pacotes necessários e apresentar os resultados. Estes comandos variam de acordo com a medida de efeito adotada e o usuário deve conhecê-los para realizar o cálculo. A Figura 4 ilustra alguns comandos necessários para o carregamento do pacote *metafor* (pacote disponível para metanálise no ambiente *R*), leitura da tabela e cálculo da metanálise.

Figura 4 – Comandos para execução da metanálise no Software *R*

```
> library(metafor)
Carregando pacotes exigidos: Formula
Carregando pacotes exigidos: Matrix

Loading 'metafor' package (version 1.9-4). For an overview
and introduction to the package please type: help(metafor).
> data<-read.table("C:/without.txt", header=T)
> data2<-escalc(measure="COR", ri=r, ni=n, data=dados)
```

Fonte: Silva, 2015

Para tanto, utilizar um software que disponibilize uma interface amigável, sem que o usuário precise conhecer previamente os comandos e possa realizar os cálculos simplesmente com alguns cliques na tela, diminui a probabilidade de erro de cálculo e aumenta a possibilidade de exploração dos resultados. Este software foi construído por Silva (2015) e será detalhado na próxima subseção.

2.4. WMA (Wizard Metanálise)

O software WMA, desenvolvido por Silva (2015), foi concebido com o objetivo de oferecer uma interface mais amigável para execução da metanálise no software *R*.

A Figura 5 ilustra uma comparação entre as etapas para realização da metanálise encontradas na literatura (Borenstein *et al.*, 2009), no WMA (SILVA, 2015) e no Software *R* (HORNIK; LEISH, 2008).

Figura 5 – Comparação de processos para realizar a metanálise



Fonte: A autora.

Fonte: Silva (2015)

Comparado ao *R*, o WMA possui as mesmas etapas para o processo da metanálise, porém, o primeiro é executado através de linhas de comando e o segundo por meio de uma interface gráfica.

O processo para realização da metanálise no software WMA está baseado no encontrado na literatura (BORENSTEIN *et al.*, 2009). As alterações contidas entre os processos ocorrem em virtude de o WMA ser implementado computacionalmente e não contém uma etapa que é a seleção de estudos (SILVA, 2015).

No WMA todos os dados de entrada que são necessários para realizar a metanálise são acompanhados de um conteúdo informativo para que o usuário possa fornecê-los de maneira correta. Toda entrada é responsável por realizar uma tarefa no sistema que, ao final, gera os resultados da metanálise.

As etapas para realização da metanálise no WMA são: Escolha da Medida de Efeito, Escolha da Base de Dados, Seleção de Parâmetros e Resultado. Primeiramente, o usuário deve selecionar a medida de efeito para seu estudo de caso, conforme ilustra a Figura 6 a) com a tela do sistema. Em todas as telas do sistema são apresentadas, no canto esquerdo, as etapas que são realizadas pelo software, destacando a etapa atual. Além disso, o sistema disponibiliza um sistema de ajuda na web que visa facilitar sua usabilidade, conforme ilustra a Figura 6 b).

Figura 6 – Tela da escolha da medida de efeito do sistema WMA

WMA Etapa Atual/tarefa

Escolha da Medida de Efeito
Escolha da Base de Dados
Seleção de Parâmetros
Resultado

ESCOLHA DA MEDIDA DE EFEITO

Escolha a medida de efeito:

Voltar Próximo

WMA ? HOME TELA INICIAL MEDIDA DE EFEITO BASE DE DADOS ESCOLHA DO MODELO RESULTADOS

O que é MEDIDA DE EFEITO? Motivo da Ação

Cada estudo primário tem um resultado, o qual é chamado de tamanho ou medida de efeito (ME) (do inglês: effect size), estas medidas de efeito que serão utilizadas para realizar a meta-análise (BORENSTEIN et al., 2009).

Como escolher a MEDIDA DE EFEITO?

A medida de efeito pode ser definida de acordo com a natureza do estudo, e os dados contidos na tabulação destes estudos. Podemos separar estas medidas da seguinte forma:

- Medidas de efeito para comparação de dois grupos;
- Medidas de efeito para associação de variáveis;
- Medidas de efeito para grupos individuais.

A meta-análise pode ser utilizada para sintetizar estudos que examinam a direção e a força da associação entre duas variáveis. O coeficiente de correlação (Pearson ou do momento do produto) quantifica a direção e a força da relação (linear) entre duas variáveis quantitativas (Borenstein, 2009). Duas medidas alternativas são uma versão corrigida com o viés negativo do coeficiente de correlação e coeficiente de correlação transformado em z de Fisher.

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO

Para esta medida de efeito é necessário informar o coeficiente de correlação (r^2) e o número de amostras (n) de cada estudo, a Figura 1 apresenta uma tabela que exemplifica a tabela da medida de efeito correlação.

Estudo	Autor	Ano	n	r^2
1	Axelsson et al.	2009	109	0.187
2	Axelsson et al.	2011	749	0.162
3	Bruce et al.	2010	55	0.340
4	Christensen et al.	1999	107	0.320

Fonte: Adaptado de Silva (2015)

Depois de selecionada a medida de efeito, o usuário deve escolher a base de dados (arquivo com extensão .xls) que será carregado no sistema. Esta escolha é feita a partir do clique no botão *Escolher*. Além disso, o usuário deve informar se a base possui ou não cabeçalho na tabela do arquivo .xls e peso, pois algumas base de dados possuem um determinado valor de peso para cada estudo (SILVA, 2015), conforme mostra a Figura 7.

Figura 7 - Tela da escolha da base de dados do sistema WMA

Fonte: Adaptado de Silva (2015)

Posteriormente, na tela de seleção de parâmetros, o usuário deve entrar com a seleção dos parâmetros em cada coluna da base de dados, de acordo com a medida de efeito escolhida (Figura 6), conforme ilustra a Figura 8. Além disso, o usuário deve informar se existe algum valor igual a zero em sua base de dados, a quantidade de casas decimais que deseja visualizar nos resultados (valor *default* 1) e indicar a porcentagem do índice de confiança (valor *default* 95%), que representa que o resultado estará dentro do intervalo em 95 dos 100 estudos hipoteticamente realizados.

Figura 8 - Tela da seleção de parâmetros do sistema WMA

WMA

Escolha da Medida de Efeito
Escolha da Base de Dados
Seleção de Parâmetros
Resultado

ESCOLHA DA MEDIDA DE EFEITO

Escolha a medida de efeito:

- Correção
- Correção Completa
- Correção Transformada

Volta Próx

WMA

Escolha da Medida de Efeito
Escolha da Base de Dados
Seleção de Parâmetros
Resultado

SELEÇÃO DE PARÂMETROS

Tabela possui zero? ☐ Sim ☒ Não ?

Casas Decimais: 2 ?

Índice de confiança: 95 ?

Parâmetros da Tabela

Autor	Ano	Autor	Tamanho da Amostra - N
Pedroso et al.	2011	Autor	100
Pedroso et al.	2011	Ano	100
Pedroso et al.	2011	Coeficiente de Correção - R	100
Pedroso et al.	2011	Tamanho da Amostra - N	100
Pedroso et al.	2011	0.98	100
Pedroso et al.	2011	0.98	100
Pedroso et al.	2011	0.97	100
Pedroso et al.	2011	0.97	100
Pedroso et al.	2011	0.97	100
Pedroso et al.	2011	0.97	100
Pedroso et al.	2011	0.99	100
Bargui et al.	2008	0.95	45
Bargui et al.	2008	0.93	45
Bargui et al.	2008	0.85	45
Bargui et al.	2008	0.91	45
Bargui et al.	2008	0.94	45
Bargui et al.	2008	0.94	45
Bargui et al.	2008	0.91	45
Bargui et al.	2008	0.94	45
Bargui et al.	2008	0.94	45
Bargui et al.	2008	0.94	45
Silva et al.	2008	0.88	50

Volta Próx

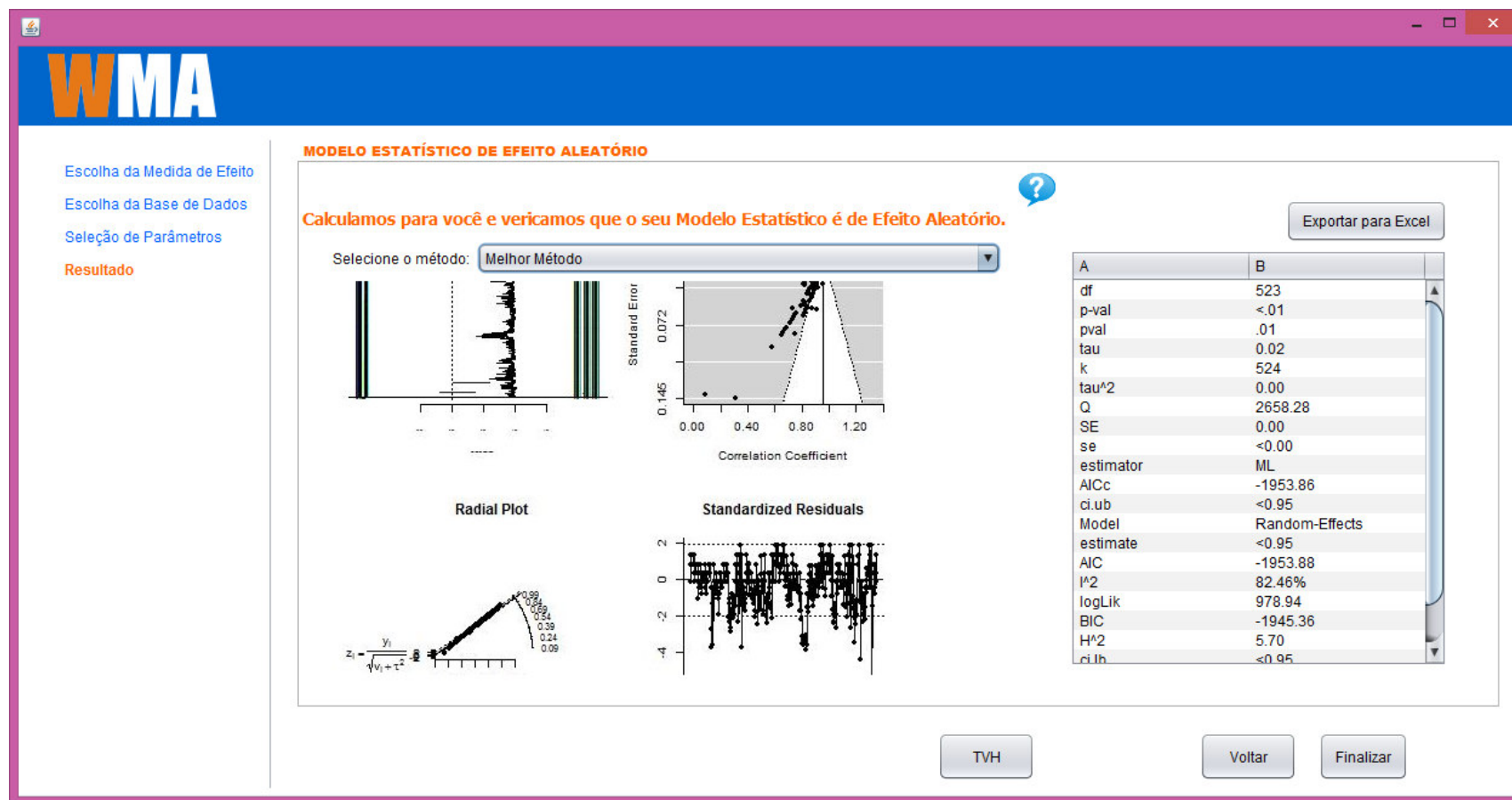
Fonte: Silva (2015)

Por fim, os resultados são apresentados, conforme ilustra a Figura 9. Os cálculos para obtenção dos resultados são feitos através do Software *R*, que retorna os valores para serem apresentados na interface do software WMA.

Os resultados são exibidos tanto na forma textual quanto gráfica. Os gráficos exibidos são: *forest plot*, *funnel plot*, *radial plot* e *standardized residuals* e os resultados textuais são mostrados em uma tabela, localizada no canto direito da tela, que podem ser exportados para uma tabela *Excel*.

Além disso, o sistema realiza um cálculo automaticamente para determinar se o modelo estatístico é de efeito fixo ou aleatório. A Figura 9 ilustra o resultado aleatório apresentado pelo sistema. No caso de o resultado ser de efeito aleatório o sistema permite ao usuário alterar, através de um *combobox*, os métodos existentes (*DerSimonian-Laird*, *Máxima Verossimilhança*, *Máxima Verossimilhança Restrita*, *Hedges*, *Hunter-Schmidt* e *Sidik-Jonkman*). Além disso, o software disponibiliza no *combobox* o item *Melhor Método*, que exibe o resultado mais preciso encontrado pelos métodos disponíveis.

Figura 9 - Tela de resultados do sistema WMA



Fonte: Adaptado de Silva (2015)

O conceito para desenvolvimento do software assistente parte da premissa de auxiliar o usuário em todas as etapas para execução da metanálise, uma vez que a decisão tomada em uma etapa afetará o seguimento da próxima e assim por diante, até chegar ao resultado final da metanálise (SILVA, 2015). Além disso, o WMA disponibiliza um sistema de ajuda durante todas as etapas da metanálise, facilitando a usabilidade do sistema. Contudo, o software não contempla algumas medidas de efeito, tais como: diferença média padronizada, razão de resposta, razão de risco, razão de chances e diferença de risco. Além disso, os resultados obtidos pelo WMA são estáticos, assim como no *R*.

2.5. TÉCNICA DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO

Técnicas de Visualização de Informação são utilizadas para facilitar a análise de dados, pois o excesso de informações dificulta o processo de entendimento. Ao utilizar estas técnicas é possível reunir vários dados em uma única imagem, permitindo que o usuário obtenha melhor visão da informação e extraia melhor os detalhes (VAZ; CARVALHO, 2004).

Dias (2007) define a visualização de informação como uma ciência firmada na proposta de transmitir uma mensagem por meio de elementos gráficos, melhora o entendimento e facilita a manutenção de um sistema. O autor também relata que as técnicas de visualização são ferramentas que possibilitam a aplicação dos estudos desenvolvidos na visualização das informações, possuindo suas características individuais, as quais permitem mostrar dados de abordagens diferenciadas.

A visualização é definida pelo processo de mapeamento de dados e informações em um formato gráfico, explorando o uso computacional para realizar as representações visuais com o objetivo de ampliar o conhecimento. A área científica é beneficiada pelo poder computacional de transformar os dados em visualizações sofisticadas, tornando visíveis as particularidades do objeto de interesse, uma vez que esta classe é baseada por dados fornecidos por fenômenos naturais do mundo físico (BRANCO, 2003).

A técnica de visualização de informação é uma ferramenta para o manejo da massa de informação apresentada, empregando a percepção visual humana na interpretação das informações exibidas pelo grande conjunto de dados. Tais

técnicas se utilizam de características básicas que o sistema perceptivo humano assimila de maneira rápida como a cor, tamanho, forma, proximidade e movimento (RIBEIRO, 2012).

Nas técnicas de visualização os dados brutos são transformados em relações lógicas e melhores estruturadas, facilitando a visualização e a compreensão da informação. Este processo consiste na eliminação de dados redundantes, errados ou insignificantes e na inclusão de informações, tais como resultados estatísticos de análise (VAZ; CARVALHO, 2004).

Uma avaliação de dados estáticos não permite a avaliação completa de uma base de dados extensa. Para tanto, ferramentas que permitam ao usuário explorar ações em níveis distintos de visualização, modificando a representatividade visual possibilitam que novos aspectos sejam explorados, direcionando o esforço da exploração dos dados unicamente ao computador (VAZ; CARVALHO, 2004).

Segundo Tufte (2001), os gráficos visualmente atraentes têm a capacidade de reunir o poder do conteúdo e da interpretação, além da visualização imediata de números relevantes. O requinte gráfico é frequentemente encontrado na simplicidade do *design*, os melhores gráficos apresentam apenas o útil e importante.

Padrões contidos nos gráficos indicam tendências, lacunas, valores falsos ou erros, valores mínimos e máximos e grupos. Quando aplicados a visualização de informação permitem melhor entendimento de sistemas complexos, ajudam na tomada de decisão mais precisa, descobre informações que, visualmente dificultada, poderia permanecer desconhecida (RIBEIRO, 2012).

Oliveira Netto (2008) divide as técnicas de visualização em quatro grupos principais:

- Geométricas: Identifica projeções de interesse em conjuntos de dados multidimensionais.
- Orientada a *Pixels*: Usa um *pixel* para representar cada valor de atributo.
- Iconográficas: Usa ícones como forma de mapear os valores dos atributos de um item de dado multidimensional.
- Hierárquicas: Divide o espaço *n*-dimensional dos dados em subespaços e exibe-os de forma hierárquica.

Utilizar as técnicas de visualização em algoritmos estatísticos é uma tarefa importante para que as pesquisas publicadas possam oferecer ao usuário uma visão

mais compreensível, explorando a percepção visual para uma compreensão precisa e rápida (VAZ; CARVALHO, 2004).

No contexto deste trabalho, serão analisadas e aplicadas apenas as técnicas de visualização de informações hierárquicas para melhorar a representação dos dados metanalíticos, obtidos por meio do uso do fungicida fluquinconazol na semente da soja, pois grande parte da informação presente em um domínio obedece uma organização hierárquica, como: organizações administrativas, árvores genealógicas, diretórios de disco, endereçamento de sites, entre outros.

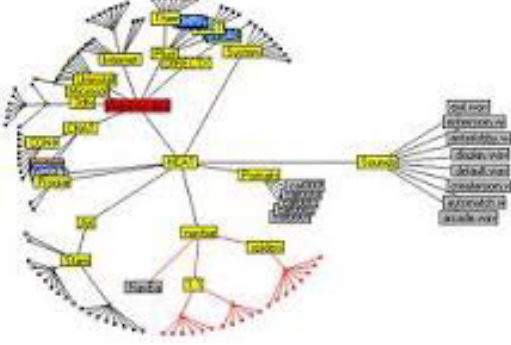
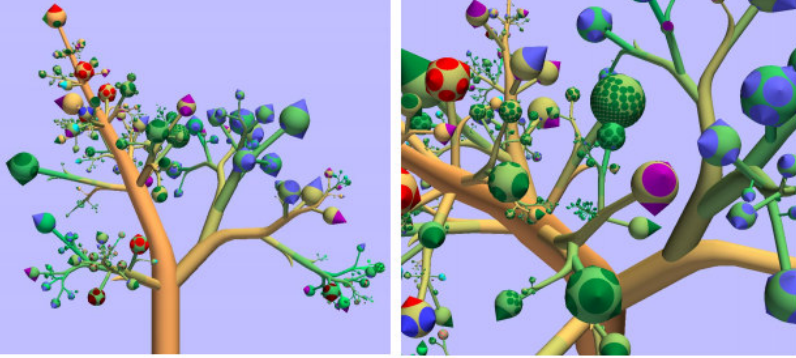
2.5.1. TÉCNICAS HIERÁRQUICAS DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO

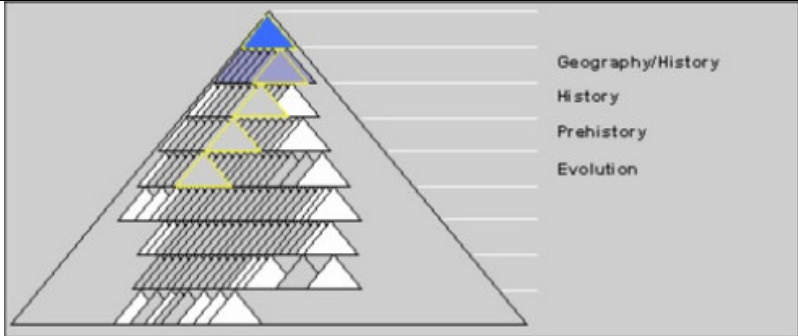
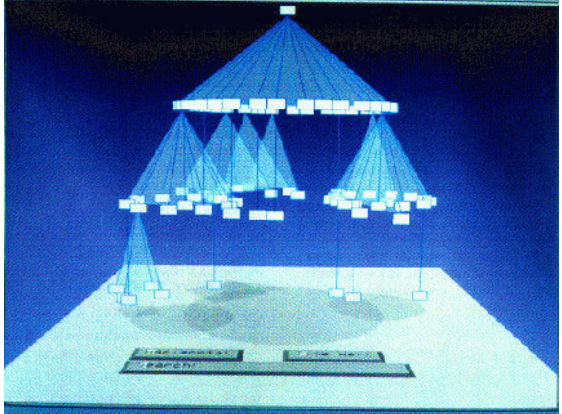
Dado que o ser humano possui dificuldade em entender determinada hierarquia com numerosos elementos, as técnicas de visualizações hierárquicas auxiliam o usuário no processo de cognição (GHERRA-GÓMEZ; PACK, 2013).

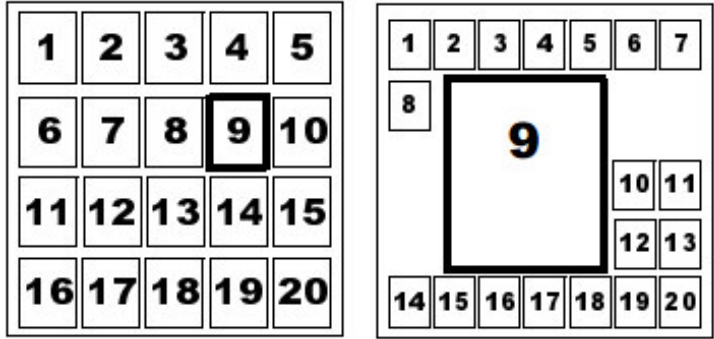
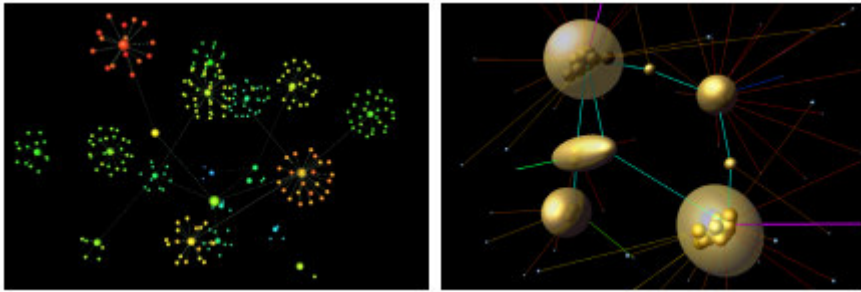
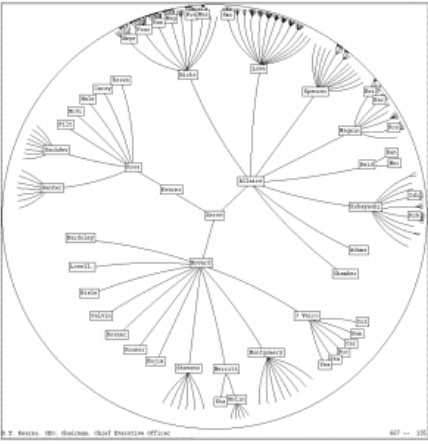
Visualização de informação hierárquica são técnicas cuja estrutura de dados do domínio e o tipo de informação serão, respectivamente, árvore e informação hierárquica. Johnson e Shneiderman (1991) defendem que há dois tipos de informação em uma estrutura hierárquica: estrutural (i.e.: associados à hierarquia) e contextual (i.e.: associados a cada elemento).

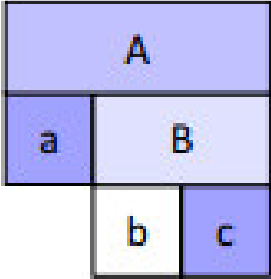
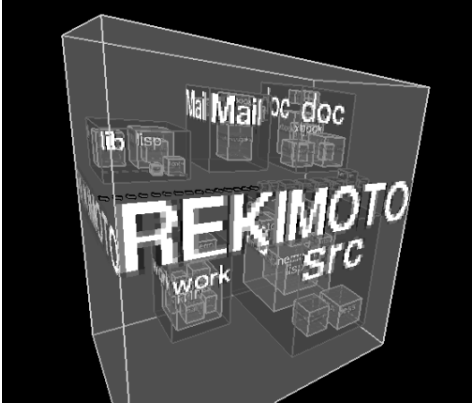
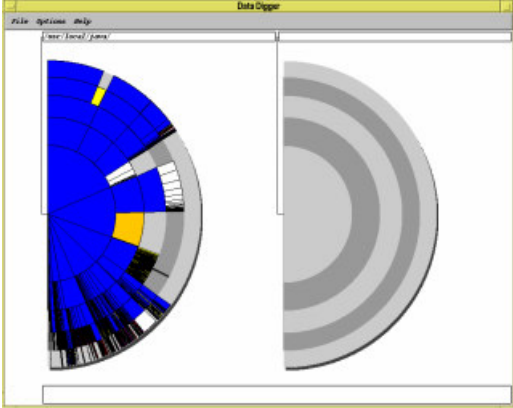
Com base no trabalho realizado por Gusmão (2014), foi realizada uma pesquisa bibliográfica em busca de técnicas de visualização de informação hierárquicas. Durante a busca, foram encontradas 18 técnicas de visualização de informação hierárquicas mais citadas na literatura e passíveis de serem analisadas. As técnicas estudadas estão descritas no Quadro 1, acompanhadas de sua descrição e exemplo de visualização e ordenadas de acordo com a ordem alfabética.

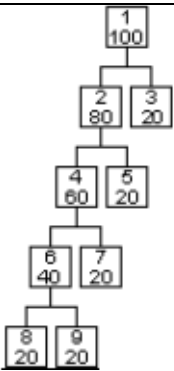
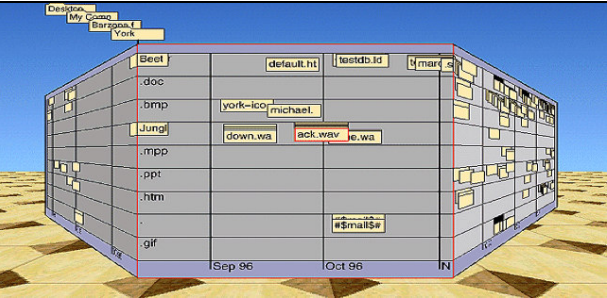
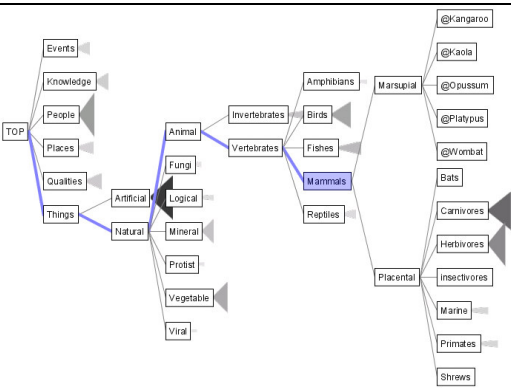
Quadro 1 - Descrição das 18 técnicas de visualização de informação hierárquica estudadas

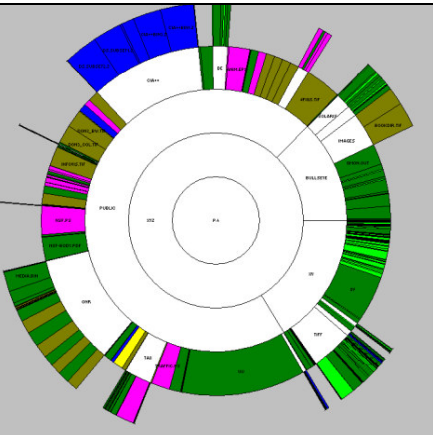
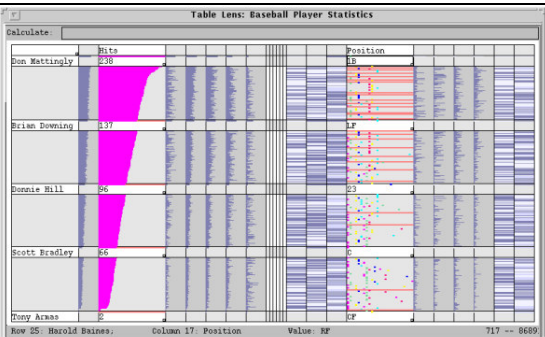
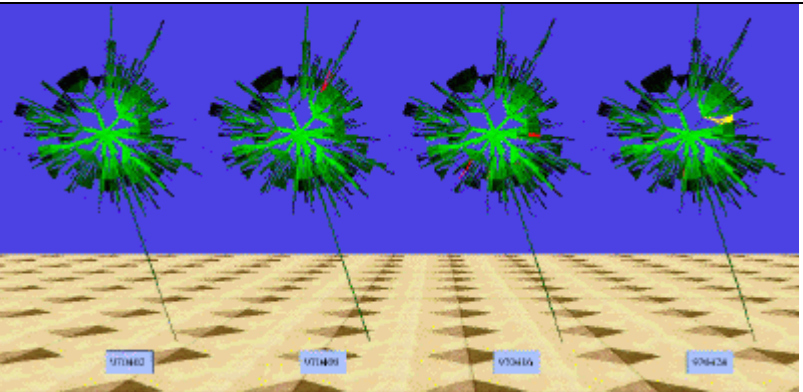
Técnicas	Descrição	Visualização da informação em forma gráfica
Bifocal Tree (CAVA <i>et al.</i> , 2002)	Esta técnica consiste em uma estrutura dinâmica de dados do tipo árvore onde há um nodo pai (ou raiz) do qual partem nodos filhos e destes os nodos folhas. Os nodos são visualmente representados por retângulos, cores são utilizadas para diferenciar os tipos de nodos para oferecer ao usuário melhor ponto de referência. A Bifocal Tree é dividida em dois subdiagramas: o da área de detalhe, que tem por objetivo exibir de forma detalhada a subárvore cujo nodo foi selecionado pelo usuário, e o da área de contexto, que fornece uma visão global de toda estrutura de dados.	
Botanical Visualization (KLEIBERG <i>et al.</i> , 2001)	Corresponde a uma representação tridimensional no formato de uma árvore, onde folhas, galhos e outros elementos representam tipos diferentes de informação. Corresponde a representação ideal de estruturas de dados com mais de dez mil elementos, como um banco de dados genético.	

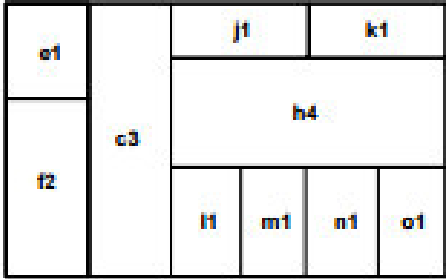
CHEOPS (BEAUDOIN <i>et al.</i>, 1996)	Possui formato de pirâmide com nós triangulares. A altura da pirâmide varia conforme a altura da árvore. Assim, todos os nós que não estão no último nível podem ser selecionados, mostrando os nós filhos do mesmo. Ideal para hierarquias pequenas, como a estrutura de uma página web simples.	
Cityscape (KESKIN; VOGELMANN, 1997)	É similar a um gráfico de barras em 3D. As barras ocupam lugares de um plano (cidade) as quais crescem de acordo com sua importância. Ao selecionar uma barra, seus filhos são apresentados em uma nova visualização.	
Cone Tree (ROBERTSON <i>et al.</i>, 1991)	Permite a representação tridimensional de uma árvore, com todas as operações sobre a representação de dados. Pode ser utilizada em estrutura de dados menores (duzentos e cinquenta elementos) até grandes bases de dados (mais de dez mil elementos).	

Flip Zooming (HOLMQUIST, 1997)	Possibilita visualização bidimensional em que um dos elementos ocupa a metade da tela e o restante dos elementos ocupam a outra metade. Ao selecionar cada elemento, pode-se acessar suas respectivas informações. Técnica ideal para pequenas hierarquias (menos de 200 elementos) nas quais é importante visualizar o conteúdo, como imagens, documentos de texto, entre outros.	
H-BLOB (SPRENGER <i>et al.</i>, 2000)	Apresenta-se em forma de bolhas envolvendo os elementos de mesmo pai na hierarquia. Possui a característica de múltiplos níveis de detalhe, permitindo mostrar maior quantidade de informação por elemento. Ideal para estrutura de dados com muita informação, como livros de uma biblioteca.	
Hyperbolic Tree (LAMPING <i>et al.</i>, 1995)	Produz a visualização de forma que fique contida em um círculo onde os nós principais ocupam o centro e os nós filhos serão representados na periferia. Ideal para estruturas de dados como diretório de arquivos.	

Ice Plot (KRUSKAL; LANDWEHR, 1983)	É uma técnica dividida em níveis de acordo com a altura da árvore agrupando os nós e ocupando a tela conforme a quantidade de elementos. Não recomendada quando se tem uma árvore com altura maior que quinze.	
Information Cube (REKIMOTO; MARK, 1993)	Representa a informação por meio de cubos tridimensionais contendo texto de diferentes tamanhos. Ideal para visualizar grandes estruturas de dados (cinco mil elementos) com pouca informação a ser mostrada.	
Information Slices (ANDREWS; HEIDEGGER, 1998)	Possibilita a visualização em formato de disco com repartições as quais ao serem selecionadas, apresentam um novo disco contendo os elementos filhos do nó selecionado. Permite apresentar estruturas de dados de grande porte (mais de cinco mil nós).	

Organization Charts (BARLOW; NEVILLE, 2001)	Consiste na representação simples de árvores onde as ligações entre os elementos são linhas retilíneas e os nós podem ser representados como retângulos ou círculos. Ideal para estruturas de dados com menos de 100 elementos. Muito utilizada em propósitos didáticos.	
Perspective Wall (MACKINLAY <i>et al.</i>, 1991)	É semelhante a um mural, onde a informação é apresentada como retângulos sobre a superfície da parede. Ideal para estrutura de dados com aproximadamente mil elementos.	
Space Tree (PLAISANT <i>et al.</i>, 2002)	Foi criada com intuito de melhorar algumas características da TVH <i>Hyperbolic Tree</i>, possuindo um bom uso da tela e apresentando mais informações de cada elemento. Ideal para estruturas de dados pequenas (próximas de quinhentos elementos).	

Sunburst (STASKO; ZHANG, 2000)	É visualmente similar a TVH <i>Information Slices</i>, diferenciando-se no uso de apenas um disco, o qual ao ser clicado apresenta seus filhos no mesmo disco. Pode ser utilizado com estruturas de dados com aproximadamente três mil elementos.	
Table Lens características (ROBERTSON <i>et al.</i>, 1993)	Permite a representação de muitas dimensões de informação com capacidade ideal de cem a mil elementos. Idealizada para visualização de múltiplas características.	
Time Tube (CHI <i>et al.</i>, 1998)	Consiste em uma coleção de Árvores de Disco posicionadas no plano formando uma linha do tempo. As Árvores de Disco são visualizações tridimensionais em formato de esferas com setores. Ideal para representação de hierarquias com mudanças temporais.	

Tree Maps (JOHSON; SHNEIDERMAN, 1991)	Gera uma representação bidimensional em uma tela plana onde os elementos de mesmo nível hierárquico dividem regiões retangulares na tela e ao serem selecionados, apresentam uma nova tela com o nível do nó selecionado. Ideal, tanto para estruturas de dados de pequeno porte (como diretórios de arquivos) quanto para estruturas maiores (como grandes bibliotecas).	
--	--	---

Fonte: Adaptado de Gusmão (2014)

O Quadro 1 apresentou as principais características de cada uma das técnicas de visualização que foi base para a criação do método proposto (seção 3.2) neste trabalho para a identificação de qual técnica melhor representa uma estrutura de dados hierárquicos.

2.6. TRABALHOS RELACIONADOS

Tufte (2001) descreve a importância da visualização da informação e estabelece algumas diretrizes para melhorar a qualidade visual da exibição de informação estatística como:

- Apresentar uma complexidade de detalhes acessível;
- Representar uma proporção, uma percepção imediata de dados relevantes, importantes;
- Escolher corretamente o formato e o *design*;
- Desenhar de forma profissional, com detalhes técnicos de uma produção feita com cuidado

Porém, Tufte (2001), não estabelece qual técnica é a ideal para a representação de dados estatísticos e não elenca atributos para compará-las.

Langan *et al.* (2012) realizaram um estudo com o gráfico *funnel plot*, um gráfico de dispersão, utilizado para fornecer ao usuário uma ampla visão do efeito que cada estudo provoca sobre determinada metanálise. O gráfico *Funnel Plot* é utilizado para ilustrar a existência de assimetrias, como (EGGER *et al.*, 1997): viés de publicação, heterogeneidade verdadeira, dados irregulares, artefato, escolha da medida de efeito e o acaso.

Langan *et al.* (2012) propuseram adicionar métodos gráficos que auxiliam a ilustrar a robustez da adição de um novo estudo à metanálise, proporcionando ao pesquisador perceber se o seu estudo é suscetível de alterar a significância estatística da metanálise.

Entretanto, ainda assim, não é possível identificar no gráfico qual estudo causa maior impacto, ou então, em qual posição encontra-se o estudo que o pesquisador quer identificar a significância dentro dos cálculos estatísticos, uma vez que todos os artigos são representados pelo mesmo ícone, um círculo preto, com o tamanho igual. Esta característica pode ser aperfeiçoada através do uso das técnicas de visualização hierárquicas, onde cada estudo é o nó pai

e seus experimentos são os nós filhos, podendo adicionar características que possam ser distinguidas entre cada experimento, como por exemplo, um nome.

Shah e Andrade (2015) elaboraram um estudo mostrando que um simples rearranjo pode melhorar a compreensão visual do gráfico *forest plot*. O artigo relata que, tradicionalmente, o gráfico traz as informações dos experimentos em ordem alfabética, cronológica ou pelo nome dos autores, isto faz com que o leitor visualize superficialmente o resultado de cada estudo individual, concentrando-se na maior parte sobre o diamante, na parte inferior do gráfico, que representa o resumo estatístico dos diversos estudos .

Observar os resultados específicos de cada estudo, incluindo o tamanho da medida de efeito e o intervalo de confiança, doutrina o leitor a compreender a influência que cada estudo teve no resumo estatístico final encontrado. Saber como cada estudo influenciou no resultado final pode conduzir uma interpretação diferente do leitor sobre o resultado final obtido (SHAH; ANDRADE, 2015)

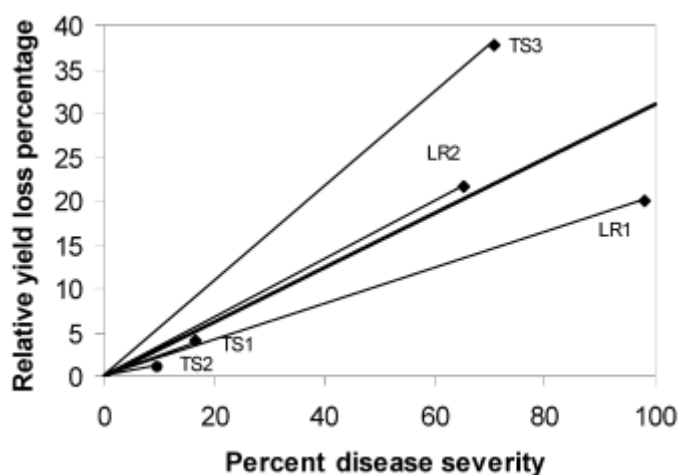
Shah e Andrade (2015) relatam que a disposição convencional dos estudos no *forest plot* não ajudam um leitor perspicaz em seus esforços para melhor entender a influencia de cada estudo, em vista disso, sugerem que os estudos sejam dispostos em ordem crescente de tamanho de medida de efeito, ou seja, estudos com resultados negativos ficam dispostos na parte superior do gráfico e os de efeito positivo na parte inferior. Este pequeno rearranjo dos dados permite ao leitor verificar os estudos que mais influenciaram a direção do resumo estatístico, além de proporcionar uma melhor distribuição de tamanhos de efeito numericamente diferentes.

Rosemberg *et al.* (2004) desenvolveram um trabalho que discute a utilidade da metanálise para a área que estuda a doença em plantas (fitopatologia). Segundo os autores, os propósitos para aplicar a metanálise neste contexto incluem: estimativas dos efeitos das técnicas de manejo utilizadas na doença, os efeitos da doença nas características da planta (rendimento e resistência) e forma de implantação de resistência da planta.

Rosemberg *et al.* (2004) ainda realizaram a aplicação da metanálise que buscou a relação entre a severidade das doenças foliares e a perda de rendimento na cultura do trigo. O objetivo da aplicação foi estimar esta relação em uma série de doenças do trigo e comparar as estimativas entre as doenças

em diferentes regiões geográficas. Este trabalho limitou-se em mostrar os resultados obtidos analisando graficamente a relação entre a porcentagem de perda de produção (eixo Y) com a porcentagem da severidade da doença (eixo X), conforme ilustra a Figura 10, sem decorrer de uma ampla exploração gráfica dos resultados obtidos.

Figura 10 – Relação entre a porcentagem de perda de produção e severidade da doença na cultura do trigo



Fonte: Rosenberg *et al.*, (2004)

Tanto Shah e Andrade (2015) quanto Rosenberg *et al.* (2004) utilizaram elementos gráficos estáticos para exibir os resultados obtidos. A interface estática oferecida dificulta a interatividade do usuário e não reproduz um ambiente amigável para exploração dos dados.

O Quadro 2 relaciona as características: *Diretrizes para visualização de informação*, *Métodos gráficos*, *Análise de dados estáticos*, *Aplicação da metanálise* e *Software utilizado* entre os trabalhos realizados, permitindo uma comparação entre elas. As *Diretrizes para visualização de informação*, dispostas apenas no trabalho de Tufte (2001), servem como orientações para ajudar a melhorar a qualidade da apresentação da informação.

Os *Métodos gráficos*, presentes nos trabalhos de Langan *et al.* (2012) e Shah e Andrade (2015) oferecem uma alternativa gráfica para melhorar a apresentação e interpretação dos resultados oferecidos pelos gráficos *funnel plot* e *forest plot*, respectivamente. Os trabalhos, exceto o de Tufte (2001),

apresentam também uma *Análise de dados estáticos*, ou seja, os resultados obtidos pela pesquisa são analisados através dos dados estáticos oferecidos pelos gráficos tradicionais contemplados pelos *Software utilizados*: *R*, STATA e MetaWin. Por fim, a *Aplicação da metanálise* identifica em que área cada autor realizou a pesquisa.

Quadro 2 – Características dos trabalhos relacionados

Autor	Características				
	Diretrizes para visualização de informação	Métodos gráficos	Análise dos dados estáticos	Aplicação da metanálise	Software utilizado
Tufte (2001)	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Langan <i>et al.</i> , 2012	NÃO	SIM	SIM	MEDICINA	<i>R</i> e STATA
Shah e Andrade (2015)	NÃO	SIM	SIM	PSIQUIATRIA	<i>R</i>
Rosemberg <i>et al.</i> (2004)	NÃO	NÃO	SIM	AGRICULTURA	MetaWin

Fonte: O Autor

Observa-se que nenhum dos trabalhos se preocupa com a visualização dos dados de uma forma dinâmica e isto dificulta a comparação entre os estudos contidos na metanálise, por mais que Tufte (2001) estabelece diretrizes para melhorar a visualização, o mesmo não apresenta um método que melhor represente uma estrutura de dados.

Os software que foram utilizados nos experimentos não são de interface amigável, porém, verifica-se a importância do uso de um software para aplicação da metanálise. A metanálise aplicada na agricultura permite fornecer ao pesquisador resultados mais sólidos entre diversos experimentos realizados na mesma área. Portanto, este trabalho tenta minimizar as dificuldades encontradas nos trabalhos relacionados.

3. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para desenvolvimento deste trabalho. A seção 3.1 narra os passos realizados para execução da metanálise na área agrícola. A seção 3.2 apresenta o método utilizado para identificar qual a técnica ideal para melhor representar o resultado da metanálise. A seção 3.3 descreve as ferramentas que suportam as técnicas hierárquicas analisadas. A seção 3.4 descreve como foi realizada a incorporação de uma nova medida de efeito e da técnica *bifocal tree* no software WMA.

3.1. PASSOS PARA REALIZAÇÃO DA METANÁLISE APLICADA NA AGRICULTURA

Para a realização da metanálise foram seguidos os sete passos definidos no fluxograma contido na Figura 2, são eles: definir objetivos, realizar pesquisa bibliográfica, coletar dados de cada estudo, avaliar a qualidade de cada estudo, agrupar, realizar análise sensível e concluir.

O primeiro passo, Definir Objetivos, foi identificar estudos que contemplavam experimentos realizados com o fungicida Fluquinconazol no tratamento da semente da soja para diminuir os efeitos causados pela doença da ferrugem asiática e extrair os dados da produtividade (medida de efeito) obtida do experimento.

No segundo passo, Realizar Pesquisa Bibliográfica, buscou-se em *sites* de pesquisa como *google acadêmico*, portal de periódicos Capes, *Science Direct*, *Scielo*, bibliotecas *on-line* de universidades e anais de eventos, por palavras-chaves, tais como: fluquinconazol, semente da soja e ferrugem asiática.

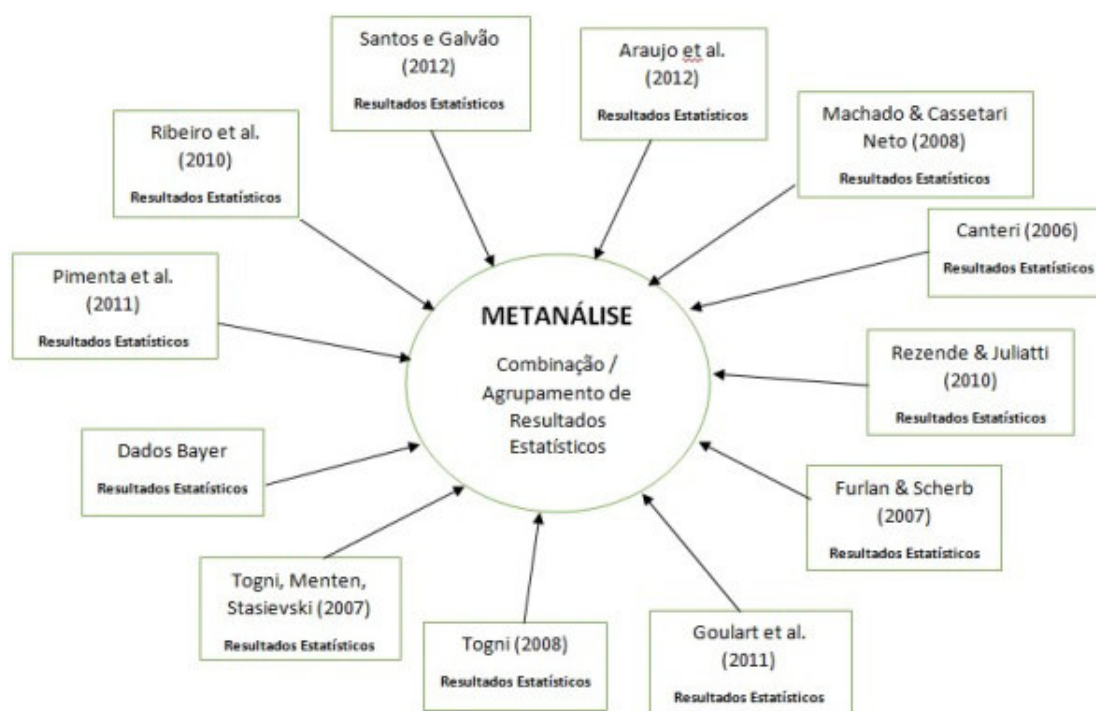
A Coleta de Informações de Cada Estudo, terceiro passo, foi obtida dados a partir da medida de efeito (taxa de produtividade) definida no primeiro passo.

Para Avaliar a Qualidade de Cada Estudo, quarto passo, foi estabelecido um limite para seleção dos mesmos. Neste trabalho limitou-se a escolha dos estudos que tiveram o fungicida fluquinconazol no tratamento da semente da soja para minimizar os efeitos da ferrugem da soja.

O Agrupamento, quinto passo, formado pelos estudos selecionados na etapa anterior (ilustrado na Figura 11). A partir de cada estudo, foram coletado os dados sobre seus experimentos e criado um banco de dados intitulado *Base de Dados Fluquinconazol* (Apêndice A). Esta base de dados é formada pelos seguintes atributos:

- **Estudo:** formado pelo nome do autor para identificação do estudo
- **Medida de Efeito (ME) ou Estimativa do Efeito:** Diferença obtida entre o Resultado do Tratamento e o Resultado da Testemunha (resultado do tratamento – resultado da testemunha), ou seja, o valor da taxa de produtividade obtida no teste
- **Variância:** medida de dispersão utilizada na estatística que indica o “quão longe” os valores se encontram do valor esperado
- **Resultado do Tratamento (RES TRAT):** produtividade obtida com o tratamento realizado, medido por Kg/ha
- **Resultado da Testemunha (RES TEST):** produtividade obtida com uma parcela, dita testemunha, que não recebeu o tratamento da semente da soja com o fungicida fluquinconazol, também medida por Kg/há
- **Desvio Padrão (SD):** é uma medida de dispersão, representada pelo símbolo sigma (σ), mede o quanto de variação, ou dispersão, que existe em relação á media amostral.
- **Erro padrão (Erro):** estima a variabilidade entre todas as amostras de um mesmo estudo
- **Número de Pulverizações (Pulv):** número de pulverizações realizadas na cultura
- **Coeficiente de Variação (CV):** é o coeficiente estatístico utilizado para avaliar a precisão do experimento

Figura 11 - Visão geral da metanálise resultante de artigos selecionados Sobre o uso do Fluquinconazol



Fonte: O Autor

No total da aplicação foram coletados 12 estudos, com 64 experimentos, destes, extraí-se, sua respectiva taxa de aumento, ou não, da taxa de produtividade de soja (medida de efeito). Os dados coletados de cada estudo são alocados em uma planilha eletrônica, formando assim o *Banco de Dados Fluquinconazol*.

A Tabela 1 ilustra o *Banco de Dados Fluquinconazol* populado com os dados do estudo obtidos por Canteri (2006) em seus oito experimentos realizados.

O campo *Estudo* é preenchido com o nome de cada estudo selecionado na pesquisa bibliográfica, juntamente com o nome do ensaio realizado pelo estudo. A *Medida de Efeito* (ME) é o resultado da produtividade obtida entre a diferença de um *Resultado do Tratamento* (Res Trat), sem o uso do fluquinconazol, e o *Resultado da Tesmemunha* (Res Test), que utilizou o fluquinconazol no tratamento da semente da soja.

O *Desvio Padrão* (SD), é representado pela raiz quadrada da *Variância*, que mostra a variabilidade de cada estudo, e é duas vezes o valor do *Erro*

Padrão (Erro) (ZIEGELMANN, 2013). O valor do *Coeficiente de Variação* (CV) é avaliado diretamente pelo autor do estudo realizado com base nos ensaios realizados e o *Número de Pulverizações* (Pulv) corresponde ao número de pulverizações realizadas na cultura.

Alguns dos atributos dos estudos populados no Apêndice A não possuem valor. Estes são tratados como nulos e não zero, pois se populados com zero alteram o resultado final.

Tabela 1 - Banco de dados Fluquinconazol para os experimentos realizados pelo estudo de Canteri (2006)

Estudo	ME	Variância	Res Trat	Res Test	SD	Erro	Pulv	CV
Canteri (2006) 300 (Inicio+14)+21	-72	192397.46	1418	1490	438.63	219.3	2	28.4
Canteri (2006) 250 (inicio+14)+21	-51	195153.66	1439	1490	441.76	220.9	2	28.4
Canteri (2006) 300 (Inicio+7)+21	-9	129835.7	1190	1199	360.33	180.2	2	28.4
Canteri (2006) 250 (Inicio+7)+21	294	164931.65	1493	1199	406.12	203.1	2	28.4
Canteri (2006) 300 Inicio+21	-142	119216.51	1073	1215	345.28	172.6	2	28.4
Canteri (2006) 250 Inicio+21	158	152521.44	1373	1215	390.54	195.3	2	28.4
Canteri (2006) 300 SemPulv	-269	33783.72	475	744	183.8	91.9	0	28.4
Canteri (2006) 250 SemPulv	24	52005.69	768	744	228.05	114.0	0	28.4

Fonte: Canteri (2006)

Com o banco de dados pronto, os dados foram compilados no Software *R*, produzindo como resultado a metanálise, ilustrado na Figura 3. Utilizou-se o *R* pois o WMA não continha a medida de efeito necessária para execução da metanálise deste exemplo.

No sexto passo, Realizar uma Análise Sensitiva, foi escolhido o modelo de efeito aleatório *REML*, utilizado para calcular a metanálise, e pode-se

perceber que a maioria dos resultados obtidos em cada medida de efeito não houve diferença estatística entre os grupos comparados (quando a linha vertical tocar a linha horizontal, Figura3).

No sétimo passo, pode-se concluir que o fluquinconazol reduz, efetivamente, os efeitos causados pela doença ferrugem da soja, ou seja, utilizá-lo no tratamento da semente da soja reduz a incidência da doença e consequentemente gera o aumento da taxa de produtividade.

3.2. MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DA TÉCNICA DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO PARA REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA METANÁLISE

A partir do estudo das 18 técnicas de visualização de informação hierárquicas elaborada por Gusmão (2014), apresentadas na seção 2.4.1, foi possível criar um método, com a participação de Gusmão, para identificar qual a melhor técnica para representar uma estrutura de dados hierárquicos. Para este trabalho foi identificada qual técnica melhor representa o gráfico ilustrado na Figura 3, a partir dos dados do *Banco de Dados Fluquinconazol*.

Para compor o método foram utilizado os atributos apresentados por Luzzardi (2003), o qual definiu alguns elementos que podem ser avaliados em uma técnica de visualização de informação (TVH), são eles (GUSMÃO, 2014):

- **Domínio:** contexto que engloba características comuns aos elementos (e.g.: na representação de uma livraria, o domínio é o conjunto de livros). Assim, quanto ao domínio, as informações podem estar associadas a posições no espaço euclidiano, assumir uma variação de tempo, estar ligadas a entidades e/ou ligadas a elementos relacionais entre duas ou mais entidades.
- **Tipo de dado:** refere-se aos valores utilizados na representação de cada elementos (e.g.: um diretório de arquivos é representado por símbolos os quais formam o nome do diretório ou arquivo e ícones para representá-los).

- **Natureza do domínio:** podendo se apresentar em uma das formas: discreto (quantitativo, enumerável), contínuo (qualitativo) ou contínuo-discretizado.
- **Dimensão do domínio:** Podem estar definidos no espaço unidimensional, bidimensional, tridimensional ou n-dimensional.
- **Busca:** consultar uma informação particular na visualização.
- **Refinamento (ou filtragem):** permite uma busca aprimorada (i.e.: com mais de um atributo).
- **Poda:** consiste em retirar elementos com a finalidade de simplificar a visualização.
- **Expansão:** capacidade de inserir mais elementos mesmo que a técnica já tenha sido gerada.
- **Agrupamento:** o visualizador pode compor grupos de elementos.
- **Seleção:** possibilidade de selecionar um ou mais objetos (elementos).
- **Ponto de vista:** o usuário pode navegar pela visualização.
- **Manipulação geométrica:** operações de rotação, translação, movimentação e mudanças de escala.
- **Detalhamento (zooming):** exibição de detalhes.
- **Desfazer:** opção de desfazer uma ação realizada pelo usuário.

Além dos elementos definidos anteriormente, foram acrescentados outros dois para elucidar com mais veracidade as características específicas de cada técnica. São eles (GUSMÃO, 2014):

- **Capacidade Suportada:** representa a quantidade máxima de nós em uma estrutura. Sendo:
 - CS1: até 200
 - CS2: até 500
 - CS3: até 1000
 - CS4: até 5000
 - CS5: maior que 5000
- **Algoritmo:** representa a disponibilidade do algoritmo pelo autor da técnica.

É importante ressaltar que além destes atributos citados, todas as técnicas selecionadas para o estudo são dinâmicas, ou seja, possuem interatividade com o usuário. Este atributo não foi adicionado à tabela pois é comum a todas as técnicas.

Os atributos elencados foram divididos em dois grupos, um para os atributos de característica eliminatória e o outro para os de característica classificatória. A Tabela 2 listou os atributos apontados como eliminatórios, ou seja, são propriedades de cada Técnica de Visualização Hierárquica (TVH) necessárias para poder representar a estrutura de dados pretendida.

Preencheu-se a linha de cada TVH usando como referência seus princípios teóricos obtidos nos artigos de criação da técnica. Por exemplo, a Técnica *bifocal tree* possui um domínio ligado tanto a elementos relacionais (ELR) quanto a posições no espaço euclidiano (PEE). Os tipos de dado que esta técnica representa correspondem tanto aos simbólicos (SMB) quanto numéricos (AFN), a natureza do domínio é discreta (DIS), a dimensão do domínio é N-Dimensões, isso implica que a técnica também seja tri (3D) e bidimensional (2D) e, por fim, a técnica tem a capacidade de suportar até duzentos e cinquenta nós (CS2).

A última linha da Tabela 2, Representação da Estrutura, apresenta as características que o usuário deseja para representar seus dados em relação aos atributos. Para cada tipo de atributo o usuário deve escolher no mínimo uma de suas subdivisões. Por exemplo, considerando o atributo Natureza do Domínio (ND) o usuário deve escolher uma ou mais opções dentre as subdivisões Discreto (DIS), Contínuo (CON) e Contínuo-discretizado (CDS), exceto para os atributos Dimensão do Domínio (DD) e Capacidade Suportada (CS). A escolha de todos os atributos é opcional.

Na coluna Técnicas Classificadas, marca-se um X nas técnicas que satisfaçam todas as subdivisões marcadas na Representação da Estrutura. Assim, pode-se listar apenas as técnicas que satisfazem os atributos obrigatórios para aplicação.

Para que o gráfico ilustrado na Figura 3 possa ser melhor representado por uma técnica hierárquica, é necessário que a estrutura de dados permita:

- Obedecer a uma hierarquia;

- Ser rotulado cada elemento para que seja possível identificar o peso que cada experimento representa no resultado metanalítico obtido;
- Proporcionar uma busca dos experimentos;
- Permitir uma busca customizada (por exemplo, busca pela medida de efeito obtida);
- Visualização expansiva;
- Exibição de características específicas de cada experimento.

Tabela 2 - Técnicas de Visualização de Informação Eliminatória aplicada na base de dados Fluquinconazol

TVH	Atributos															Técnicas Classificadas
	DM		TD		ND		DD			CS						
	ELR	PEE	SMB	AFN	DIS	CON	CDS	2D	3D	+3D	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	
Bifocal Tree	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X				X
BVT	X		X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	
CHEOPS		X	X	X	X			X			X					
Cityscape		X	X	X	X			X	X	X	X	X				
Cone Tree		X	X	X			X	X	X		X	X	X	X	X	
Flip Zooming	X	X	X			X		X	X	X	X					
H-BLOB	X		X			X		X	X		X	X	X			
Hyperbolic Tree		X		X	X			X			X	X				
Icicle Plot		X	X	X	X			X	X	X	X	X				
Information Cube	X		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X		
Information Slices	X		X	X	X			X			X	X	X	X	X	
Organization Charts	X	X	X	X	X			X			X					
Perspective Wall	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X			
Space Tree	X		X	X	X			X			X	X				
Sunburst		X	X		X			X			X	X	X	X		
Table Lens		X		X	X			X			X	X	X			
Time Tube		X	X	X	X			X	X		X	X	X	X		
Tree Maps		X	X	X	X			X			X	X	X	X		
Representação da Estrutura	X			X	X				X		X					

Fonte: O Autor

DM: Domínio (**ELR:** Domínio ligado à Elementos Relacionais. **PEE:** Domínio ligado à Posições no Espaço Euclidiano). **TD:** Tipo de Dado (**SMB:** Simbólico. **AFN:** Alfanumérico). **ND:** Natureza do Domínio (**DIS:** Discreto. **CON:** Contínuo. **CDS:** Contínuo-discretizado). **DD:** Dimensão do Domínio (**2D:** Bidimensional. **3D:** Tridimensional. **+3D:** N-Dimensional). **CS:** Capacidade Suportada (**CM1:** Capacidade Máxima 200. **CM2:** Capacidade Máxima 500. **CM3:** Capacidade Máxima 1000. **CM4:** Capacidade Máxima 5000. **CM5:** Capacidade maior que 5000). **BVT:** Botanical Visualization Tree.

As características necessárias para melhorar a representação dos dados estão preenchidas na linha Representação da Estrutura na Tabela 2. As colunas selecionadas foram:

- **ELR**: cada estudo pode ter vários experimentos, existe uma relação entre nó pai e nó filho.
- **AFN**: os elementos da estrutura de dados são representados por meio de nomes e não símbolos.
- **DIS**: a natureza do domínio é discreta, pois os elementos devem ser dispostos no gráfico a partir de seus valores estatísticos.
- **3D**: a dimensão do domínio é mostrada pela estimativa do efeito, precisão do efeito e o nome do experimento.
- **CS1**: a capacidade necessária para representar os 64 experimentos, menor que 200 nós.

Na coluna Técnicas Classificadas estão sinalizadas com um X somente as técnicas que foram classificadas com todos os atributos necessários, para melhorar a representação do dado. Conforme mostra, as técnicas classificadas foram a *bifocal tree* e *information cube*.

Depois de aplicada a tabela com as técnicas de visualização de informação eliminatórias, exclui-se as que não atendem às exigências da estrutura de dados e aplica-se a tabela de técnicas de visualização de informação classificatórias.

A Tabela 2 apresenta somente as técnicas que foram previamente classificadas com todos os atributos que a estrutura possa desempenhar, além de conter o Peso que representa a importância daquele atributo para sua aplicação. O peso é estabelecido utilizando como referência a escala de Likert *et al.* (1993), sendo:

- Peso 5: Extremamente Importante
- Peso 4: Muito importante
- Peso 3: Importante
- Peso 2: Pouco importante
- Peso 1: Nada importante

Para utilizar a Tabela 3 deve-se preencher a linha Representação da Estrutura com todos os atributos operacionais que são necessários para a

estrutura e na linha *Peso*, o especialista define o valor de acordo com a importância de cada atributo na operação. Por fim, na coluna *Score*, efetua-se o somatório dos pesos em que há presença da característica desejada na representação da estrutura de dados do usuário. Em caso de empate, o usuário deve decidir qual técnica usar ou combiná-las.

Como resultado, a técnica que melhor se adapta para representar os dados da Figura 3 foi a *bifocal tree*, a qual obteve *Score* 15, maior que a *information cube* que obteve 11 pontos.

Tabela 3 Técnicas de Visualização de Informação Classificatórias aplicadas na base de dados Fluquinconazol

Técnicas	Operações										Algoritmo	SCORE
	BUS	REF	POD	EXP	AGR	SEL	PVS	MGE	ZOO	UND	SIM/NÃO	
Bifocal Tree		X	X	X	X	X			X			15
Information Cube	X			X	X		X	X	X	X	X	11
Representação da Estrutura	X	X		X	X	X						
PESO	3	5		5	3	2						

BUS: Busca. **REF:** Refinamento. **POD:** Poda. **EXP:** Expansão. **AGR:** Agrupamento. **SEL:** Seleção. **PVS:** Ponto de Vista. **MGE:** Manipulação Geométrica. **ZOO:** Zooming. **UND:** Undo. **BVT:** Botanical Visualization Tree

Com o método utilizado foi possível eleger a técnica de visualização de informação hierárquica ideal que pode melhor representar o gráfico *forest plot*, gerado pelo software *R*, de forma a melhorar a cognição do usuário. A técnica eleita foi a *Bifocal Tree*. Entretanto, o método criado pode ser aplicado para qualquer outra base de dados que suporte uma visualização hierárquica.

3.3. ANÁLISE DE FERRAMENTAS QUE SUPORTAM TÉCNICAS HIERÁRQUICAS

Para encontrar o software ideal para aplicar a técnica *bifocal tree* foi realizada uma busca na web pelos software mais difundidos existentes que suportavam técnicas de visualização de informações hierárquicas. Além disso, foi necessário analisar se os software suportavam os requisitos da técnica (Tabela 2 e Tabela 3), uma vez que a *bifocal tree* não disponibiliza o algoritmo. O Quadro 3 mostra os software que foram pesquisados e suas características relevantes para o contexto desta pesquisa.

Quadro 3 – Software que suportam Técnicas Hierárquicas

Software	Licença	Suporta a <i>Bifocal Tree</i>	Linguagem
Gephi (BASTIAN, HEYMANN; 2009)	Livre	Sim	Java
Cytoscape (SHANNON <i>et al.</i> , 2003)	Livre	Sim	Java
D3 (BOSTOCK, 2011)	Livre	Sim	JavaScript
TouchGraph (TOUCHGRAPH, 2008)	Comercial	Sim	Java

Fonte: O Autor

Para selecionar apenas um dos quatro software pesquisados, os critérios para escolha foram a licença e a linguagem, pois um dos objetivos deste trabalho é aperfeiçoar o software WMA, o qual utiliza a linguagem Java e é de código aberto. Deste modo, a partir dos critérios estabelecidos, foram excluídos o *Software TouchGraph* e *D3*, respectivamente

Como critério de desempate para os dois software prováveis para este trabalho foi utilizado a análise dos formatos oferecidos por ambos. Estes formatos ditam as propriedades gráficas que podem ser aplicadas. Quanto maior o número de propriedades mais dinâmico será o gráfico. O Quadro 4, mostra alguns dos formatos suportados pelos Software *Gephi* e *Cytoscape*.

Quadro 4 – Características dos formatos

Formatos	Propriedades						
	Lista de Arestas	Estrutura XML	Peso da Aresta	Atributos	Visualização de Atributos	Valor Padrão de Atributo	Dinâmica
CSV	X		X				
DL Ucinet	X		X	X			
DOT Graphviz			X		X		
GDF			X	X	X	X	
GEXF		X	X	X	X	X	X
GML			X	X	X		
GraphML		X	X	X	X	X	
NET Projek	X		X		X		
TLP Tulip							
VNA Netdraw			X	X			
Spreadsheet			X	X			X

Fonte: Adaptado de BASTIAN *et al.* (2009)

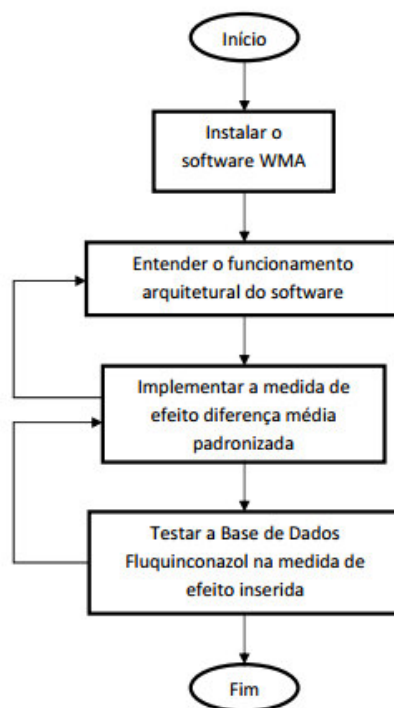
O formato escolhido para criar o gráfico com a técnica *bifocal tree* foi o .GEXF (*Graph Exchange XML Format*) devido à sua disponibilidade maior de características gráficas, conforme mostra o Quadro 4. Somente o software Gephi suporta este formato, portanto, este foi selecionado para ser utilizado neste trabalho.

3.4. INCORPORAÇÃO DA MEDIDA DE EFEITO DIFERENÇA MÉDIA PADRONIZADA E DA TÉCNICA BIFOCAL TREE NO SOFTWARE WMA

A necessidade de implementação da medida de efeito diferença média padronizada deu-se devido à aplicação da metanálise ser realizada a partir da *Base de dados Fluquinconazol*. Esta base utiliza-se da diferença entre o resultado da produtividade de uma cultura com a utilização do fluquinconazol no tratamento da semente da soja e o resultado de produtividade sem o uso do mesmo.

Para realizar a implementação da medida de efeito foi seguido os passos ilustrados na Figura 12.

Figura 12 – Fluxograma de inserção da medida de efeito diferença média padronizada no WMA



Fonte: O autor

A seguir detalha-se cada um dos passos:

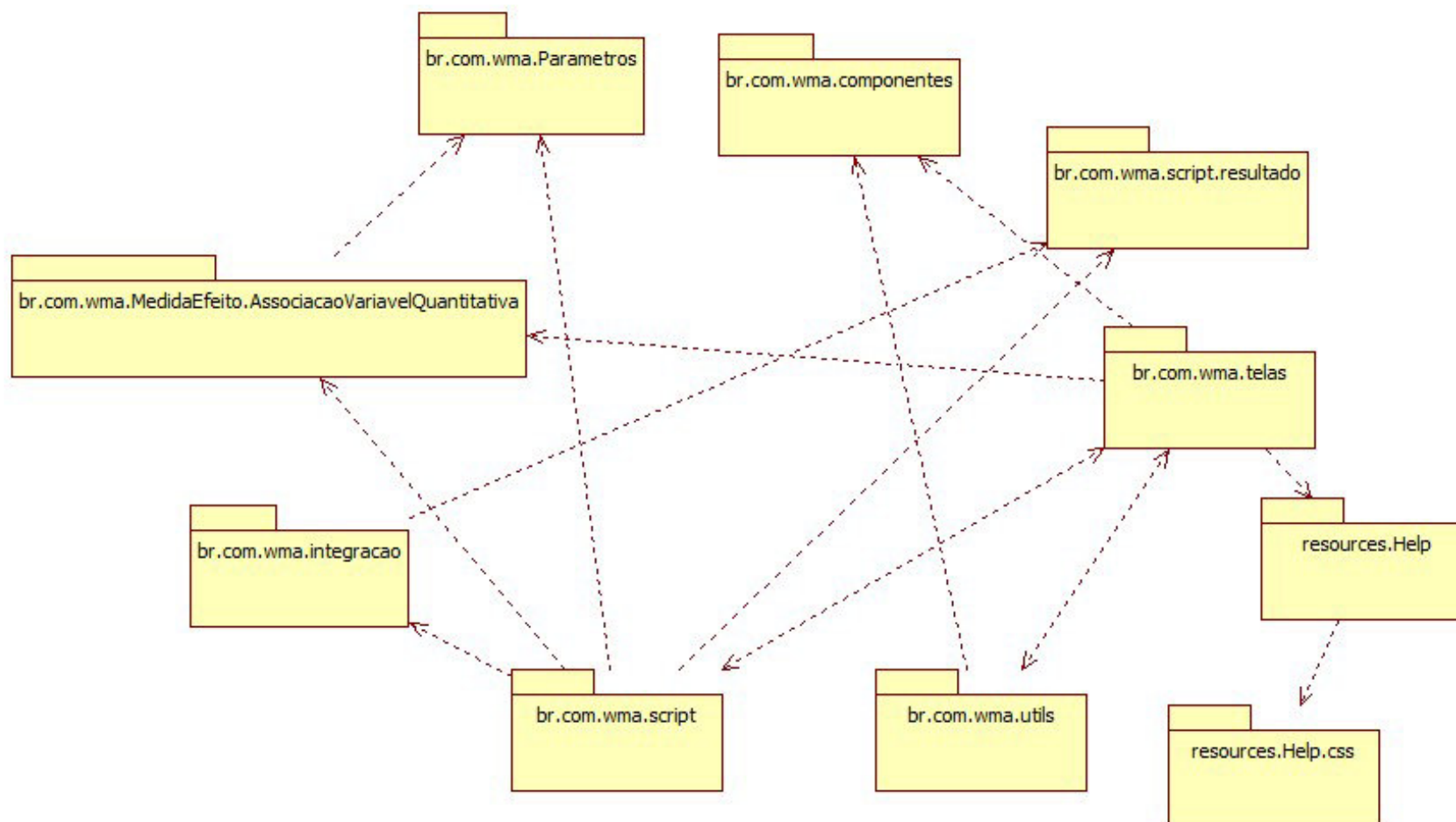
Instalar o software WMA

O software foi disponibilizado por Silva (2015) por meio de endereço eletrônico. Para abrir o código fonte foi necessário realizar a instalação do Netbeans 8.0.1 pois o desenvolvimento do WMA foi realizado sob esta plataforma. Além disso, houve a necessidade de instalar o software *R*, na versão 3.1.1, compatível com o que o WMA utiliza.

Entender o funcionamento arquitetural do software

O WMA é composto por dez pacotes que representam o seu funcionamento, conforme ilustra a Figura 13. O relacionamento entre os pacotes é dado por uma linha pontilhada que mostra a dependência entre eles, em que a seta sempre aponta para o pacote dependente.

Figura 13 – Arquitetura do software WMA



Fonte: O autor

O pacote *br.com.wma.MedidaEfeito.AssociacaoVariavelQuantitativa* possui quatro arquivos que alocam as variáveis que são necessárias para o cálculo da metanálise de cada medida de efeito. O pacote *br.com.wma.Parametros* possui dois arquivos desenvolvidos para encaminhar os parâmetros para o *R* necessários para o cálculo da metanálise.

O pacote *br.com.wma.componentes* possui cinco arquivos implementados para gerar a planilha excel, com formato .xls, que exibe os resultados da metanálise. O pacote *br.com.wma.integracao* possui três arquivos codificados para criar o arquivo do *script*, realiza a conexão com o *R* e devolve o resultado para o WMA.

O pacote *br.com.wma.script*, possui cinco arquivos que são responsáveis pela criação do conteúdo do *script* de cada medida de efeito, o qual é executado posteriormente no *R*. O pacote *br.com.wma.script.resultado*, possui 3 arquivos que calculam os resultados da metanálise e verifica qual o modelo de efeito, fixo ou aleatório, ideal para exibição do resultado.

O pacote *br.com.wma.telas* possui sete arquivos que são responsáveis por exibir as telas do software. O pacote *br.com.wma.utils* possui 3 arquivos que foram desenvolvidos para gerenciar a tabela onde os dados do banco são carregados. O pacote *resources.Help*, possui 6 arquivos e foi implementado para constituir o sistema *web* de ajuda para o usuário utilizar o sistema. O pacote *resources.Help.css* possui apenas um arquivo que foi desenvolvido para formatar a interface do sistema *web* de ajuda.

Implementar a medida de efeito diferença média padronizada

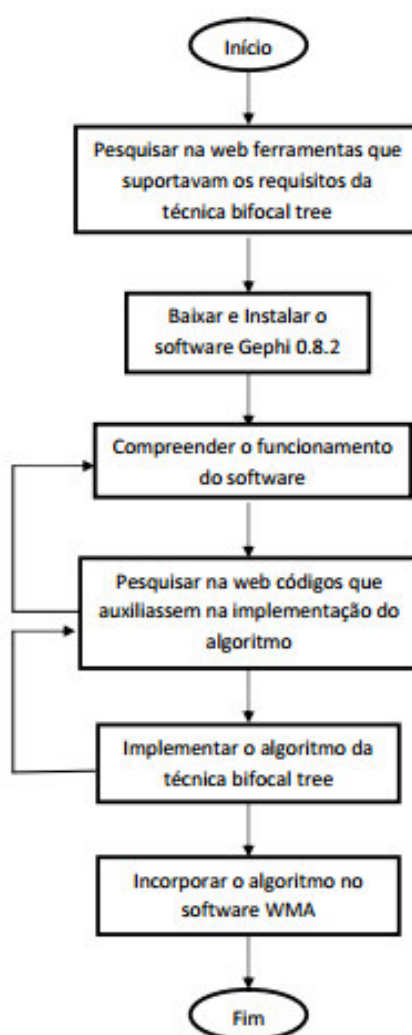
Para implementar a medida de efeito foi necessário entender quais dados eram necessários em cada estudo para realizar o cálculo da metanálise. No caso da medida de efeito diferença média padronizada é necessário extrair de cada estudo sua medida de efeito e a variância existente entre os estudos. Além disso, foi preciso identificar quais pacotes pertencentes à arquitetura do WMA deveriam ser modificados para incluir a medida de efeito.

Testar a Base de Dados Fluquinconazol na medida de efeito inserida

Depois de incluída a media de efeito foi realizado testes com a base de dados no WMA, e, simultaneamente, com o *R*, e comparar os resultados obtidos entre os dois software para garantir que a implementação realizada no WMA calculava corretamente a metanálise.

Depois de incorporada a medida de efeito, foi implementada a técnica *bifocal tree*, apontada como a melhor para aprimorar o gráfico *forest plot*. Para isso, foi necessário realizar os passos ilustrados pela Figura 14.

Figura 14 - Fluxograma de inserção da *bifocal tree* no WMA



Fonte: O Autor

A seguir detalha-se cada um dos passos:

Pesquisar na web ferramentas que suportavam os requisitos da técnica *bifocal tree*

De acordo com as características da *bifocal tree* apresentadas no Quadro 1, foi realizada uma pesquisa na *web* para encontrar software que as suportassem. O *Gephi* foi o escolhido dentre os quatro software encontrados devido à sua disponibilidade maior de exibição de características gráficas na extensão de arquivo utilizada (.gexf). A seção 3.3 descreveu as ferramentas encontradas com mais detalhes.

Baixar e Instalar o software Gephi 0.8.2

Foi realizado o *download* da última versão do software através do *site* oficial (gephi.org). Para instalá-lo foram seguidos os passos contidos na página oficial.

Compreender o funcionamento do software

Para entender como o software *Gephi* opera e quais as suas funcionalidades foi necessário gerar alguns gráficos manualmente. Os gráficos foram criados no *Excel* e importados para o *Gephi* para que fosse possível entender como o software criava os nós e arestas (ligação entre os nós). Além disso, vídeos disponibilizados no site oficial do software (gephi.org/videos) foram assistidos a fim de aperfeiçoar o conhecimento sobre o funcionamento do software.

Pesquisar na web códigos que auxiliassem na implementação do algoritmo

As pesquisas foram realizadas em fóruns exclusivos do software *Gephi*, onde usuários trocam experiências e disponibilizam códigos. No *site* oficial do software (gephi.org) também foi realizada pesquisa de códigos, onde os desenvolvedores disponibilizam pacotes que auxiliam na criação de códigos. Os pacote utilizado para implementação foi o *ToolkitDemos*.

Implementar o algoritmo da técnica *bifocal tree*

A implementação dos nós, arestas e atributos foi realizada baseada nos códigos encontrados durante a pesquisa web. Os nós foram criados em três diferentes níveis: nó metanálise (localizado no centro do gráfico), nó estudo (ponte de ligação entre um experimento e o resultado da metanálise) e o nó

experimento (representa os experimentos realizados pelos estudos e contém todos os atributos inerentes ao experimento realizado)

Incorporar o algoritmo no software WMA

Algumas alterações no software WMA foram necessárias para que a *bifocal tree* fosse anexada ao software. Para calcular a metanálise, no software WMA, era necessário que o usuário apontasse quatro parâmetros da base de dados, sendo eles: autor, ano do estudo e os outros dois atributos são os necessários para o cálculo da metanálise, conforme cada medida de efeito exige. Por exemplo, considerando a medida de efeito *Correlação*, os atributos necessários para o cálculo da metanálise são: *Coeficiente de Correlação – R* e *Tamanho da Amostra – N*, se a medida de efeito escolhida for *Correlação Corrigida* os atributos serão: *R- Corrigido* e *Tamanho da Amostra – N*.

Com a incorporação da *bifocal tree*, os dois primeiros parâmetros citados foram alterados para *estudo* e *experimento*, pois a hierarquia existente na técnica possibilitou o agrupamento dos estudos, onde um *estudo* pode ter um ou mais *experimentos*. Além disso, a técnica proporciona a adição de atributos aos nós, portanto, o usuário pode abrir uma base de dados com mais de quatro parâmetros e setá-los para que estes sejam exibidos pelo gráfico e possam ser incluídos na análise dos dados. Por fim, para exibir os resultados ele pode utilizar duas formas: básica e avançada. A visualização básica permite que o usuário visualize o gráfico com nós diferenciados por cores e tamanhos para mostrar o grau de ligação entre os experimentos. Isto foi possível utilizando a biblioteca *gexf-js* e sua aplicação prática é apresentada na seção 4.1.3.1. A visualização avançada permite a personalização dos atributos, cores e tamanhos dos nós pelo usuário e é exibido na seção 4.1.3.2.

4. RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos através dos estudos realizados. A seção 4.1 apresenta a versão do sistema proposto, com a inserção da medida de efeito e aplicação da técnica *bifocal tree* no WMA. A seção 4.2 apresenta a análise dos resultados usando a técnica proposta. A seção 4.3 faz uma comparação entre os estudos encontrados na literatura com o trabalho proposto.

4.1.WMA: VERSÃO ATUALIZADA

A versão modificada do software WMA proposta por este trabalho compreende em adicionar a medida de efeito diferença média padronizada, utilizada por este trabalho para aplicação da metanálise, descrita na seção 4.1.1. A aplicação da metanálise é realizada na área agrícola a partir de um estudo de caso utilizando o fungicida fluquinconazol para o combate à doença da ferrugem asiática da soja, descrita na seção 4.1.2. E, por fim, anexar a técnica de visualização de informação hierárquica *bifocal tree* para melhorar a exibição dos resultados obtidos da metanálise, apresentado pela seção 4.1.3

4.1.1. INSERÇÃO DA MEDIDA DE EFEITO

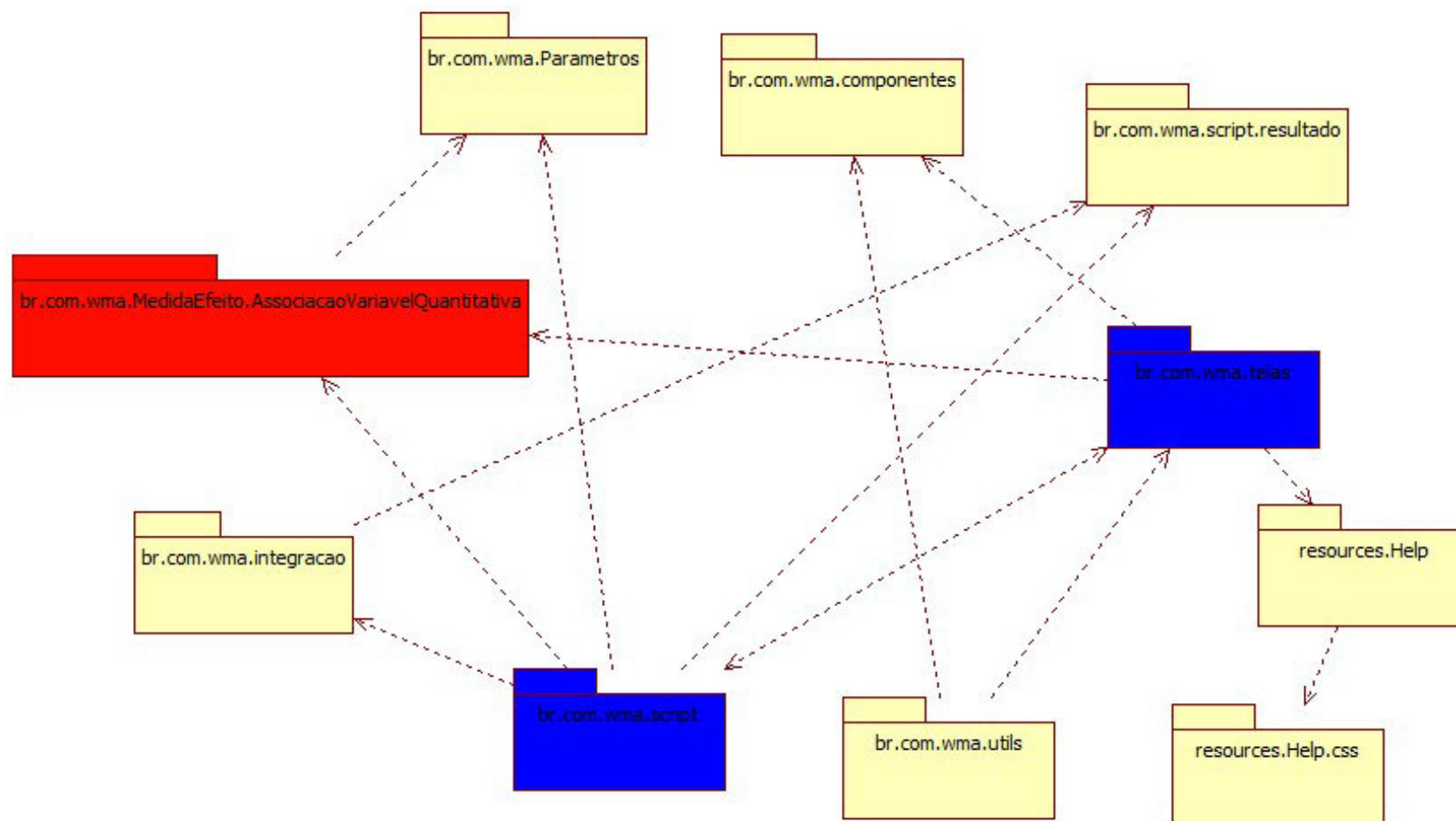
Para obter o resultado da metanálise nos estudos que utilizaram o fungicida fluquinconazol para tratar a semente da soja com o objetivo de diminuir os efeitos causados pela ferrugem asiática, foi necessário acrescentar uma medida de efeito baseada na média no software WMA.

A diferença média padronizada foi acrescentada, pois os estudos selecionados para realizar a metanálise utilizam da diferença média da produtividade entre um experimento que teve o fungicida utilizado na semente da soja e outro não.

Para inserir a medida de efeito foi necessário realizar a alteração e criação de alguns arquivos existentes no pacote arquitetural do software. A Figura 15 ilustra a estrutura arquitetural do software WMA com as modificações realizadas. Em vermelho está o pacote que possui a criação de um arquivo e

em azul estão representados os pacotes que sofreram alterações nos arquivos de código fonte.

Figura 15 – Estrutura arquitetural do WMA modificada para inserção da medida de efeito



Fonte: O Autor

No pacote *br.com.wma.MedidaEfeito.AssociacaoVariavelQuantitativa* foi adicionado um arquivo, nomeado *MeanDifference.java* que recebe os parâmetros da medida de efeito diferença média padronizada, necessários para o cálculo da metanálise deste trabalho. No pacote *br.com.wma.script* os arquivos alterados foram: *GeradorScript.java*, *ScriptCorrelacao.java* e *ScriptFactory.java*, pois foi adicionado o *script* para o cálculo da medida de efeito diferença média padronizada que, anteriormente, tinham apenas as linhas de código para gerar o *script* das medidas relacionadas à correlação (método direto para quantificação de doenças em plantas). No pacote *br.com.wma.telas* foi alterado apenas o arquivo *Passo1.java* para inserção da medida de efeito diferença média padronizada no *combobox* que aparece na tela de escolha da medida de efeito.

4.1.2. APLICAR METANÁLISE PARA DETERMINAR A EFICIÊNCIA DO FLUQUINCONAZOL USADO NA SEMENTE DA SOJA

Depois de inserida a medida de efeito diferença média padronizada foi possível aplicar a *Base de Dados Fluquinconazol* (Apêndice A) para execução da metanálise no software WMA com o objetivo de calcular a eficiência do uso do fungicida fluquinconazol na aplicação da semente da soja para minimizar os efeitos causados pela ferrugem asiática.

Inicialmente, ao executar o WMA (SILVA, 2015), a Figura 16 ilustra a tela inicial que o software apresenta. O início da navegação ocorre pressionando o botão *Iniciar Assistente*.

Figura 16 – Tela inicial do software WMA



Fonte: O Autor

Caso o usuário necessite de ajuda para utilizar o WMA, o software disponibiliza em todas as telas um ícone com o símbolo de uma interrogação. Quando pressionado, o ícone abre uma página que possui instruções de uso para todos os passos realizados pelo software. A Figura 17 ilustra a página inicial do sistema de ajuda do WMA. Na parte superior estão os menus de navegação que contém todas as instruções necessárias para sua utilização.

Figura 17 – Página inicial do sistema de ajuda do WMA



Fonte: O Autor

Depois de iniciar o assistente, o software exibe uma tela em que o usuário escolhe qual a medida de efeito ele deseja selecionar para executar a metanálise. Neste trabalho, a base de dados utiliza a diferença média padronizada. A Figura 18 ilustra a escolha realizada da medida de efeito.

Figura 18 – Seleção da medida de efeito diferença média padronizada no software WMA

The screenshot displays the WMA software interface. At the top, there is a blue header with the 'WMA' logo. Below the header, on the left side, there is a vertical menu with four options: 'Escolha da Medida de Efeito' (highlighted in orange), 'Escolha da Base de Dados', 'Seleção de Parâmetros', and 'Resultado'. The main area of the interface is titled 'ESCOLHA DA MEDIDA DE EFEITO' in orange. It contains a label 'Escolha a medida de efeito' followed by a dropdown menu. The dropdown menu is open, showing five options: 'Correlação', 'Correlação', 'Correlação Corrigida', 'Correlação Transformada', and 'Diferença Média Padronizada' (which is highlighted in blue). To the right of the dropdown menu is a blue question mark icon. At the bottom right of the main area, there are two buttons: 'Voltar' and 'Próximo'.

Fonte: O Autor

Depois de selecionada a medida de efeito, o usuário pressiona o botão *Próximo* para seguir com a execução da metanálise. A Figura 19 ilustra a próxima tela, onde ocorre a seleção da base de dados. Para selecionar a base, é necessário informar se o arquivo .xls que a base está contida possui cabeçalho e peso, posteriormente, com um clique no botão *Escolher*, o usuário seleciona a base para realizar o cálculo da metanálise. Neste caso, a base utilizada foi *Base de Dados Fluquinconazol* (Apêndice A).

Figura 19 – Seleção da base de dados no software WMA

WMA

Escolha da Medida de Efeito
Escolha da Base de Dados
 Seleção de Parâmetros
 Resultado

ESCOLHA DA BASE DE DADOS

Planilha possui cabeçalho? ☒ Sim ☐ Não  Possui Peso? ☐ Sim ☒ Não  

C:\Users\Bruna\Documents\Base de Dados Fluquinconazol.xls 

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Araujo et al. (...)	SC Azo+Cyp	-220	2124093.46	4072	4292	728.7	1	32.8	1457.43
Araujo et al. (...)	G Azo+Cyp	332	288043.46	2712	2380	268.3	2	19.84	536.7
Araujo et al. (...)	SC Azo+Cyp...	181	2277622.01	4421	4240	754.6	2	32.8	1509.18
Araujo et al. (...)	G Azo+Cyp...	216	299006.86	2702	2486	273.4	2	19.84	546.82
Araujo et al. (...)	SC Test	-302	727232.88	2296	2598	426.4	0	32.8	582.78
Araujo et al. (...)	G Test	141	189579.6	2136	1995	217.7	0	19.84	435.41
Araujo et al. (...)	G Trif+Prot	72	266078.11	2483	2411	257.9	1	19.84	515.83
Araujo et al. (...)	SC Trif+Prot	129	2513812.63	4614	4485	792.8	1	32.8	1585.5
Araujo et al. (...)	G Trif+Prot +1	152	272202.19	2551	2399	260.9	2	19.84	521.73
Araujo et al. (...)	SC Trif+Tebu	54	1920953.03	4004	3950	693.0	1	32.8	1385.98
Araujo et al. (...)	G Trif+Tebu	154	269787.99	2541	2387	259.7	2	19.84	519.41
Araujo et al. (...)	SC Trif+Prot ...	-709	60270.25	4145	4854	784.0	2	32.8	1475.84
Canteri (2006)	300 (Inicio+1...	-72	192397.46	1418	1490	219.3	2	28.4	438.63
Canteri (2006)	250 (Inicio+1...	-51	195153.66	1439	1490	220.9	2	28.4	441.76
Canteri (2006)	300 (Inicio+7...	-9	129835.7	1190	1199	180.2	2	28.4	360.63
Canteri (2006)	250 (Inicio+7...	294	164931.65	1493	1199	203.1	2	28.4	406.12
Canteri (2006)	300 Inicio+21	-142	119216.51	1073	1215	172.6	2	28.4	345.28
Canteri (2006)	250 Inicio+21	158	152521.44	1373	1215	195.3	2	28.4	390.54
Canteri (2006)	300 SemPulv	-269	33783.72	475	744	91.9	0	28.4	183.8
Canteri (2006)	250 SemPulv	24	52005.69	768	744	114.0	0	28.4	228.05
Furlan & Sch...	Nativo/Folicur	187	116211.32	4677	4490	170.4	2	7.0	340.9
Furlan & Sch...	Opera	425	108778.55	4647	4222	164.9	1	7.0	329.82
Furlan & Sch...	PrioriXtra+Ni...	-63	114041.08	4509	4572	168.8	1	7.0	337.7
Furlan & Sch...	Sphere+Aureo	123	107214.29	4464	4341	163.7	1	7.0	327.44
Furlan & Sch...	Test	293	22005.03	2141	1848	74.2	0	7.0	148.34

Voltar Próximo

Fonte: O Autor

Seguindo para a próxima página, o usuário deve indicar os atributos da base de dados selecionada, não podendo haver atributos com o mesmo nome. O software possui os atributos pré-definidos, basta o usuário selecioná-los de acordo com sua base. A Figura 20 ilustra os atributos que o usuário obrigatoriamente deve selecionar.

Na versão anterior do WMA, o usuário selecionava em um único atributo a coluna que indicava o autor. Nesta versão, foi dividido em dois atributos, um deles indica o estudo e outro o experimento, uma vez que, um estudo pode ter diversos experimentos, revelando a existência de hierarquia imposta pela técnica estudada por este estudo. Além disso, esta tela ainda requer que o usuário informe se o banco possui ou não zeros, sendo este um pré-requisito para poder passar para a próxima fase do software. O usuário pode escolher a quantidade de casas decimais dos resultados (valor *default* 1) e o índice de confiança (valor *default* 95%).

Figura 20 – Seleção de atributos da base de dados no software WMA

WMA

Escolha da Medida de Efeito
Escolha da Base de Dados
Seleção de Parâmetros
Resultado

SELEÇÃO DE PARÂMETROS

Tabela possui zeros? ☐ Sim ☒ Não ?

Casas Decimais: 1 ?

Índice de confiança: 95

Parâmetros da Tabela

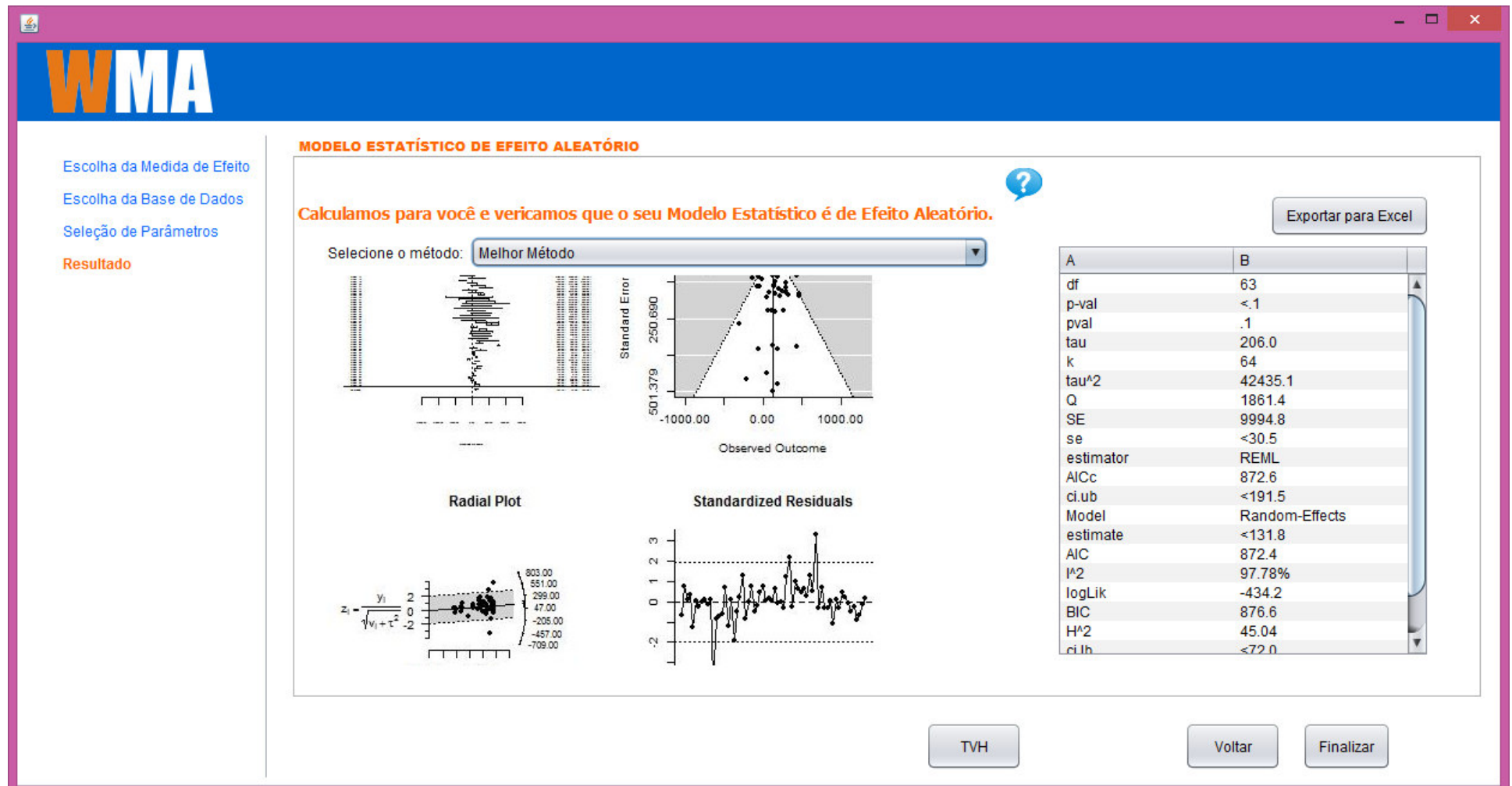
Estudo	Experimento	Estimativa do Efeito	Variância	Resultado ...	Resultado...	Erro p...	Número ...	Coefi...	Desv...
Araujo et ...	Experimento	-220	2124093.46	4072	4292	728.7	1	32.8	1457.43
Araujo et ...	Resultado do	332	288043.46	2712	2380	268.3	2	19.84	536.7
Araujo et ...	Resultado da	181	2277622.01	4421	4240	754.6	2	32.8	1509.18
Araujo et ...	Erro padrão	216	299006.86	2702	2486	273.4	2	19.84	546.82
Araujo et ...	Número de Ap	-302	727232.88	2296	2598	426.4	0	32.8	582.78
Araujo et ...	Coeficiente de	141	189579.6	2136	1995	217.7	0	19.84	435.41
Araujo et ...	Desvio Padrã	72	266078.11	2483	2411	257.9	1	19.84	515.83
Araujo et ...	Estimativa do	129	2513812.63	4614	4485	792.8	1	32.8	1585.5
Araujo et ...	Experimento	152	272202.19	2551	2399	260.9	2	19.84	521.73
Araujo et ...	Experimento	54	1920953.03	4004	3950	693.0	1	32.8	1385.98
Araujo et ...	G Trif+Tebu	154	269787.99	2541	2387	259.7	2	19.84	519.41
Araujo et ...	SC Trif+Prot +1	-709	60270.25	4145	4854	784.0	2	32.8	1475.84
Canteri (...)	300 (Inicio+14)...	-72	192397.46	1418	1490	219.3	2	28.4	438.63
Canteri (...)	250 (Inicio+14)...	-51	195153.66	1439	1490	220.9	2	28.4	441.76
Canteri (...)	300 (Inicio+7)+...	-9	129835.7	1190	1199	180.2	2	28.4	360.63
Canteri (...)	250 (Inicio+7)+...	294	164931.65	1493	1199	203.1	2	28.4	406.12
Canteri (...)	300 Inicio+21	-142	119216.51	1073	1215	172.6	2	28.4	345.28
Canteri (...)	250 Inicio+21	158	152521.44	1373	1215	195.3	2	28.4	390.54
Canteri (...)	300 SemPulv	-269	33783.72	475	744	91.9	0	28.4	183.8
Canteri (...)	250 SemPulv	24	52005.69	768	744	114.0	0	28.4	228.05
Furlan & ...	Nativo/Folicur	187	116211.32	4677	4490	170.4	2	7.0	340.9
Furlan & ...	Opera	425	108778.55	4647	4222	164.9	1	7.0	329.82
Furlan & ...	PrioriXtra+Nim	-63	114041.08	4509	4572	168.8	1	7.0	337.7

Voltar Próximo

Fonte: O Autor

Na próxima tela, o software exibe o resultado efetivo da metanálise. O modelo estatístico (de efeito fixo ou aleatório) é automaticamente selecionado pelo software, e, neste exemplo, indicou que o modelo de efeito aleatório é o ideal, portanto, o usuário tem a opção em escolher dentre os métodos aleatórios existentes. A Figura 21 ilustra a exibição dos resultados da metanálise disponibilizadas pelo software WMA.

Figura 21 – Exibição dos resultados da metanálise através do software WMA



Fonte: O Autor

No canto direito da tela, o software exibe os resultados obtidos da metanálise e proporciona ao usuário exportá-los para um arquivo .xls. No centro da tela são exibidos os quatro diagramas exploratórios da metanálise. Estes quatro diagramas juntos em uma mesma imagem são pouco visíveis e, estáticos, dificultando o usuário explorar os resultados obtidos. Para tanto, nota-se a necessidade de melhorar a exibição dos resultados e possibilitar um ambiente de melhor interação e análise dos dados.

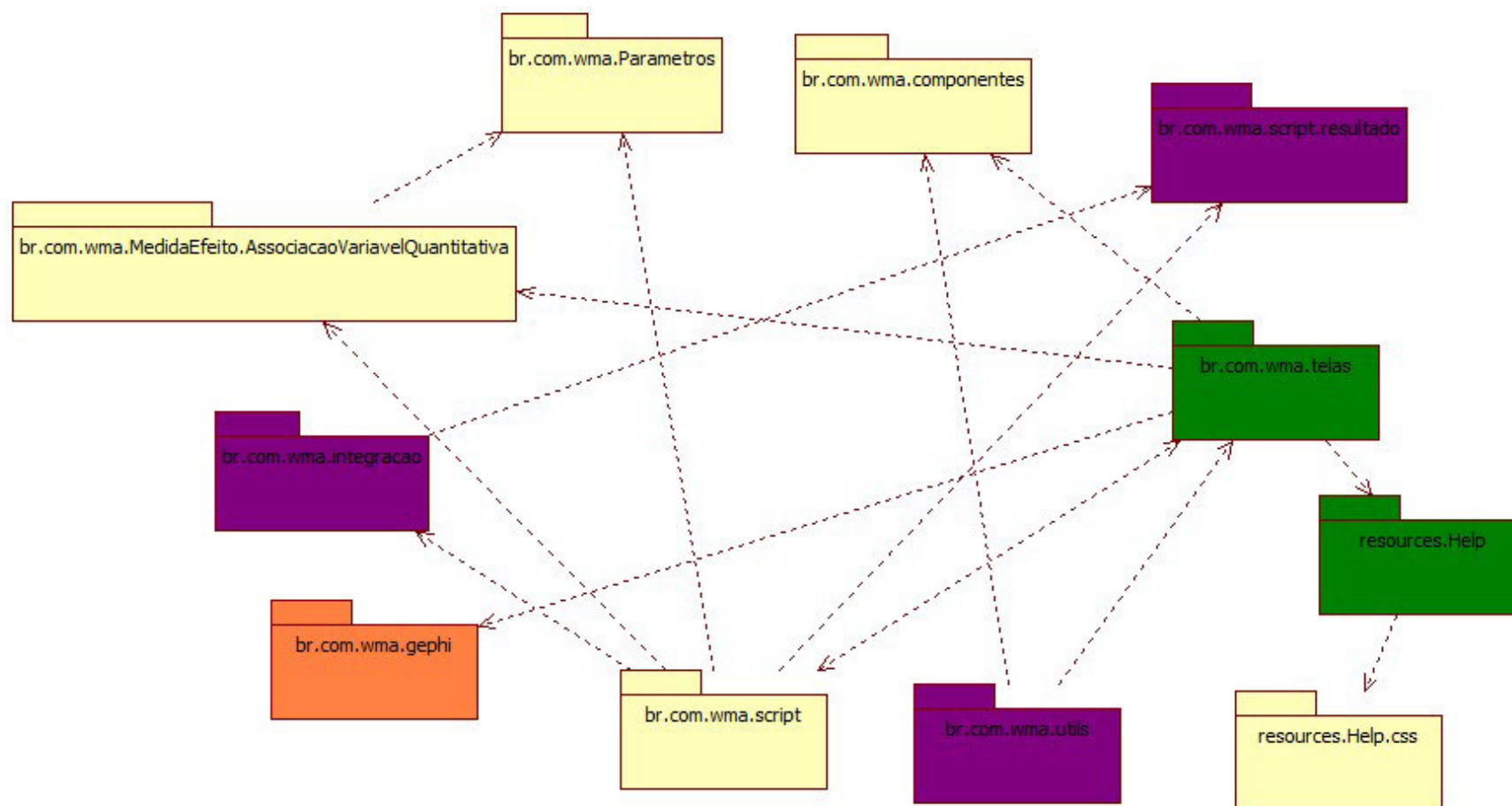
4.1.3. APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO BIFOCAL TREE NO WMA

A técnica *bifocal tree*, eleita na seção 3.2 como a melhor para representar a estrutura de dados da base fluquinconazol, foi aplicada ao problema da metanálise e anexada ao software WMA.

Tanto as medidas de efeito já existentes no WMA quanto a diferença média padronizada, adicionada por este trabalho, podem utilizar a técnica implementada para visualizar os resultados da metanálise executada.

Para implementar a técnica foi necessário realizar alterações e inserções na estrutura arquitetural do software. A Figura 22 ilustra a arquitetura modificada. Em laranja está representado o pacote criado, em roxo estão exibidos os que sofreram alterações nos arquivos de código fonte e, os pacotes de cor verde consistem nos que tiveram tanto alterações quanto criações de arquivos. O pacote *br.com.wma.telas* já havia sofrido alteração em um arquivo na inserção da medida de efeito.

Figura 22 - Estrutura arquitetural do WMA modificada para inserção da técnica bifocal tree



Fonte: O Autor

O pacote *br.com.wma.gephi* possui apenas um arquivo que foi desenvolvido para criar o gráfico com a técnica *bifocal tree* implementada. O pacote *br.com.wma.integração* sofreu alteração em apenas um dos três arquivos, *QuebraResultado.java*, responsável por reproduzir os resultados trazidos pelo software *R*. Anterior à atualização, o WMA buscava somente o resultado da metanálise no *R*, a partir desta, também são obtidos resultados estatísticos de cada estudo (apresentados em detalhes na seção 4.1.3.1). Assim como, o pacote *br.com.wma.script.resultado* também sofreu alteração no arquivo *GerenciaResultado.java* para que os resultados estatísticos específicos de cada estudo pudessem ser exibidos pela técnica *bifocal tree*.

O pacote *br.com.wma.utils* sofreu alterações apenas no arquivo *ConfiguraçãoTable.java*, que foi desenvolvido para preencher os parâmetros da tabela que é obtida com o banco de dados. Anteriormente eram apenas 4 atributos: Autor, ano e os outros dois atributos necessários para o cálculo da metanálise (estes atributos se alteram conforme a medida de efeito escolhida). Com a inserção da nova tabela os dois primeiros atributos foram modificados, passando a ser *estudo* e *experimento*, respectivamente. Esta alteração ocorreu pois um estudo pode ter um ou mais experimentos, ou seja, há uma hierarquia presente (requisito da técnica *bifocal tree*). Outros atributos foram adicionados para que o usuário possa abrir a tabela do banco de dados com mais atributos e poder realizar análise dinâmica destes dados. Os atributos incluídos foram: *resultado do tratamento*, *resultado da testemunha*, *erro padrão*, *número de pulverizações*, *coeficiente de variação* e *desvio padrão*.

O pacote *br.com.wma.telas* sofreu alterações nos arquivos *Passo4.java* e *Passo5.java* pois houve a necessidade da criação de um novo botão *TVH* que abre uma nova tela (Figura 28) que apresenta ao usuário as duas formas (básica e avançada) de visualizar a técnica *bifocal tree* implementada. A inserção realizada neste pacote foi a criação da tela.

Por fim, no pacote *resources.Help* foi criado um novo arquivo, *p_tvh.html*, implementado para ser incluído no sistema *web* de ajuda ao usuário. Com a inserção desta nova página houve a necessidade de alterar as outras seis páginas existentes para incluir o novo menu que dá acesso à página criada.

Conforme mostra a Tabela 3, não há algoritmo disponível para aplicar a técnica *bifocal tree*, portanto, foi necessário adaptar os conceitos da técnica, apresentados no Quadro 1, para desenvolver um algoritmo que representasse a técnica e exibí-la através do *Software Gephi*.

Como a *bifocal tree* é formada por nós e arestas, inicialmente criou-se os nós: metanálise, estudos e experimentos. A criação do nó de metanálise esta ilustrada na Figura 23, e os demais nós foram criados a partir de um *ArrayList* que armazenou todos os estudos, experimentos e seus respectivos atributos a partir da *Base de Dados Fluquinconazol*.

Figura 23 – Criação do nó metanálise

```
Node metanalise = graphModel.factory().newNode();
metanalise.getNodeData().setLabel("" + valuemetan);
graph.addNode(metanalise);
```

Fonte: O Autor

As arestas, que fazem a ligação entre os nós, foram criadas a partir de *ArrayList*. No exemplo ilustrado na Figura 24, o *arrayedgemetanalise* liga todos os estudos ao nó central, da metanálise.

Figura 24 – Criação de arestas que ligam a metanálise aos estudos

```
arrayedgemetanalise.add(graphModel.factory()
    .newEdge(metanalise, arraynode.get(0)));
graph.addEdge(arrayedgemetanalise.get(0));
```

Fonte: O Autor

Depois de criados os nós e arestas foi necessário realizar a personalização do gráfico, conforme ilustra a Figura 25. Primeiramente o gráfico foi centralizado para obter uma melhor visualização geral na tela, em seguida foi implementado sua coloração. As cores utilizadas foram distribuídas no gráfico para ranquear os nós conforme seu grau de ligações. Quanto mais azul, mais ligações o nó teve, quanto mais laranja, menos ligações. Depois de colorido, o gráfico também teve os tamanhos dos nós modificados, de acordo com seu grau de ligação. Esta modificação foi necessária para melhor diferenciar os nós no gráfico.

Figura 25 – Personalização do gráfico

```

//Centralizar gráfico
GraphDistance distance = new GraphDistance();
distance.setDirected(true);

//Ranquear cor do nó a partir do grau de ligação
Ranking degreeRanking = rankingController.getModel()
    .getRanking(Ranking.NODE_ELEMENT, Ranking.DEGREE_RANKING);
AbstractColorTransformer colorTransformer =
    (AbstractColorTransformer) rankingController.getModel()
        .getTransformer(Ranking.NODE_ELEMENT, Transformer
            .RENDERABLE_COLOR);
AbstractSizeTransformer sizeTransformer =
    (AbstractSizeTransformer) rankingController.getModel()
        .getTransformer(Ranking.NODE_ELEMENT, Transformer
            .RENDERABLE_SIZE);

colorTransformer.setColors(new Color[]{new Color(0xFFA54A),
    new Color(0x0051FD)});
rankingController.transform(degreeRanking, colorTransformer);

// Ranquear nó pelo grau de ligação
sizeTransformer.setMinSize(10);
sizeTransformer.setMaxSize(15);
rankingController.transform(degreeRanking, sizeTransformer);

```

Fonte: O Autor

Foi incluído também um *layout* padrão para exibição do gráfico, chamado de *YifanHuLayout*. Caso o usuário não se adapte ao *layout* escolhido, o software *Gephi* disponibiliza outros doze *layouts* que poderão ser alterados quando o usuário abrir o gráfico no modo de visualização avançada (ver seção 4.1.3.2). A Figura 26 ilustra a implementação do *layout* escolhido.

Figura 26 – Implementação do *layout* do gráfico

```

//Definição do layout
YifanHuLayout layout = new YifanHuLayout(null,
    new StepDisplacement(1f));
layout.setGraphModel(graphModel);
layout.resetPropertiesValues();
layout.setOptimalDistance(50f);

while (layout.canAlgo()) {
    layout.goAlgo();
}

```

Fonte: O Autor

A exportação do gráfico é realizada no formato *.gexf* e o código que realiza esta ação é ilustrado na Figura 27.

Figura 27 – Exportação do gráfico implementado

```
File f = new File("C:\\\\temp\\graficonew.gexf");

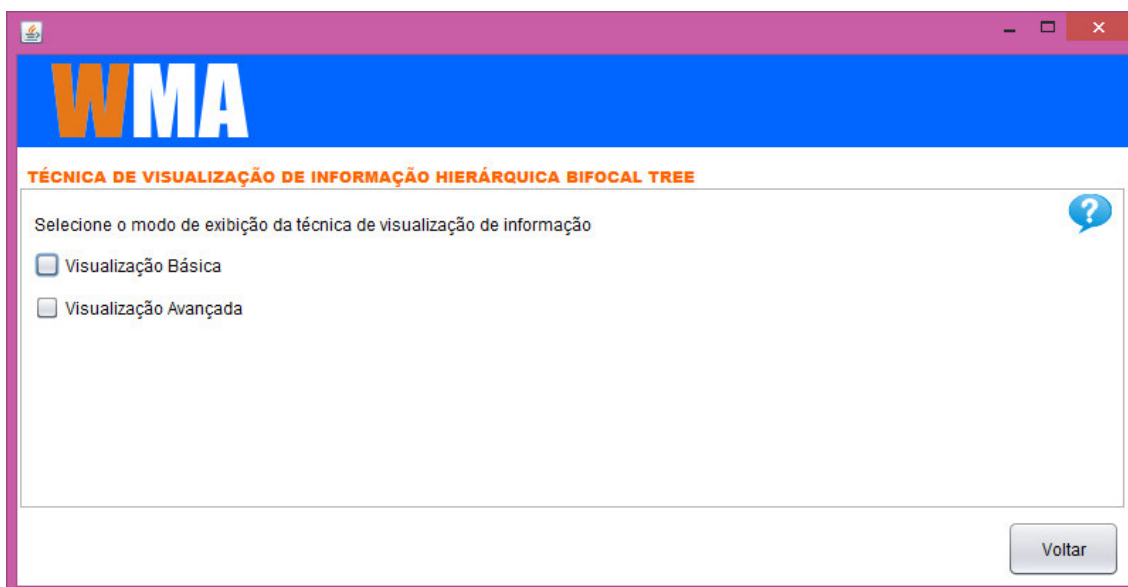
//Exportar GEXF
ExportController ec = Lookup.getDefault()
    .lookup(ExportController.class);

try {
    ec.exportFile(f);
} catch (IOException ex) {
    ex.printStackTrace();
    return;
}
```

Fonte: O Autor

Após a execução dos códigos apresentados anteriormente no software WMA é possível realizar a exibição dos resultados da metanálise em dois modos: *visualização básica* e *visualização avançada*, conforme ilustra a Figura 28.

Figura 28 – Seleção do modo de exibição da técnica *bifocal tree* na software WMA



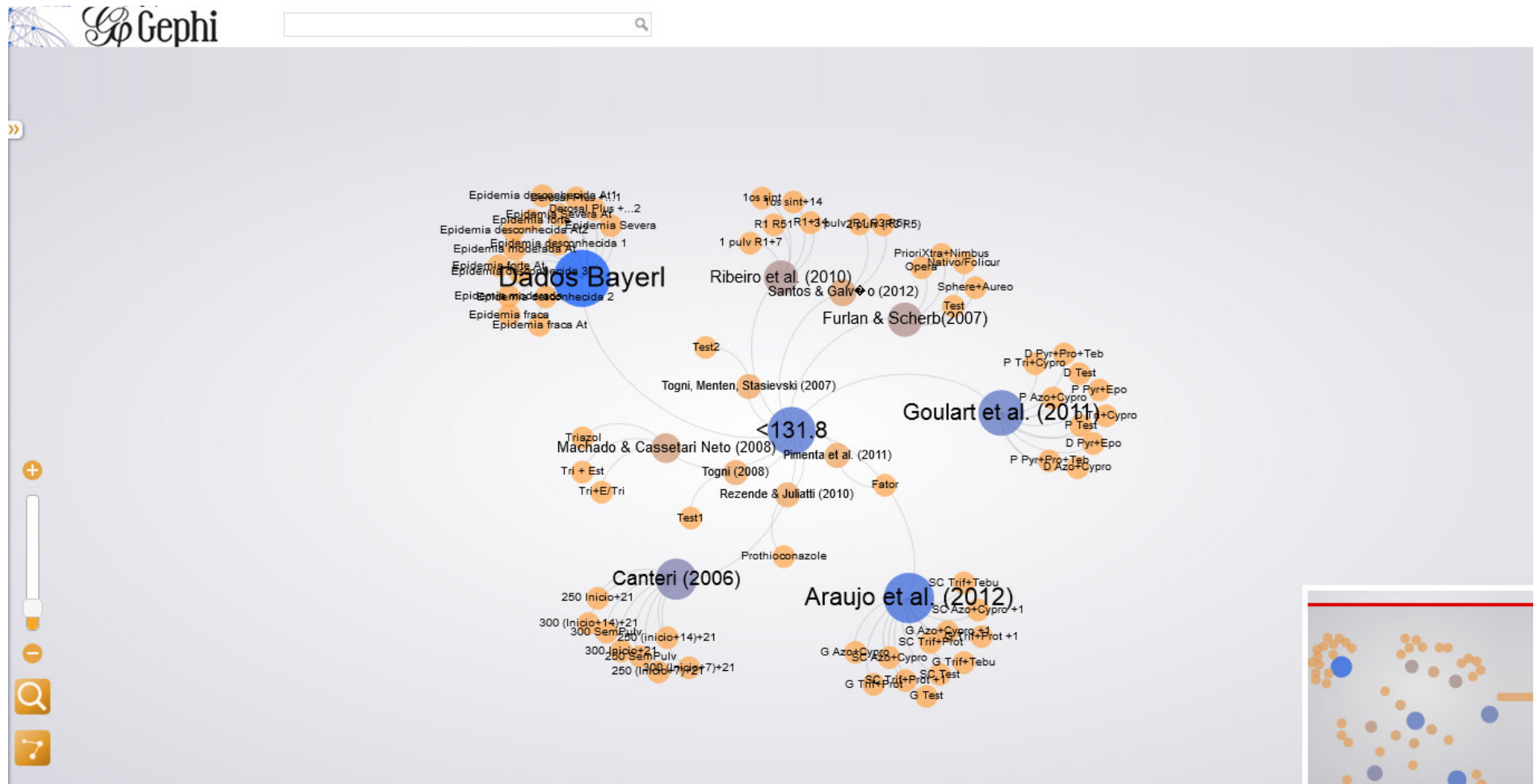
Fonte: O Autor

As duas formas de visualização foram propostas visando favorecer a usabilidade do software. A visualização avançada foi criada para usuários mais experientes, que possuem aptidão em sistemas computacionais, dado que esta oferece ao usuário mais opções para alterar a disposição das informações geradas pela dinamicidade do gráfico.

4.1.3.1. VISUALIZAÇÃO BÁSICA

A visualização básica é exibida nos navegadores Firefox e Windows Explorer, pois a biblioteca utilizada suporta apenas estes dois tipos. Esta visualização foi proposta para usuários que não possuem conhecimentos técnicos do software. A Figura 29 ilustra a parte inicial da visualização básica da técnica bifocal tree aplicada.

Figura 29 – Parte inicial da visualização básica da técnica bifocal tree



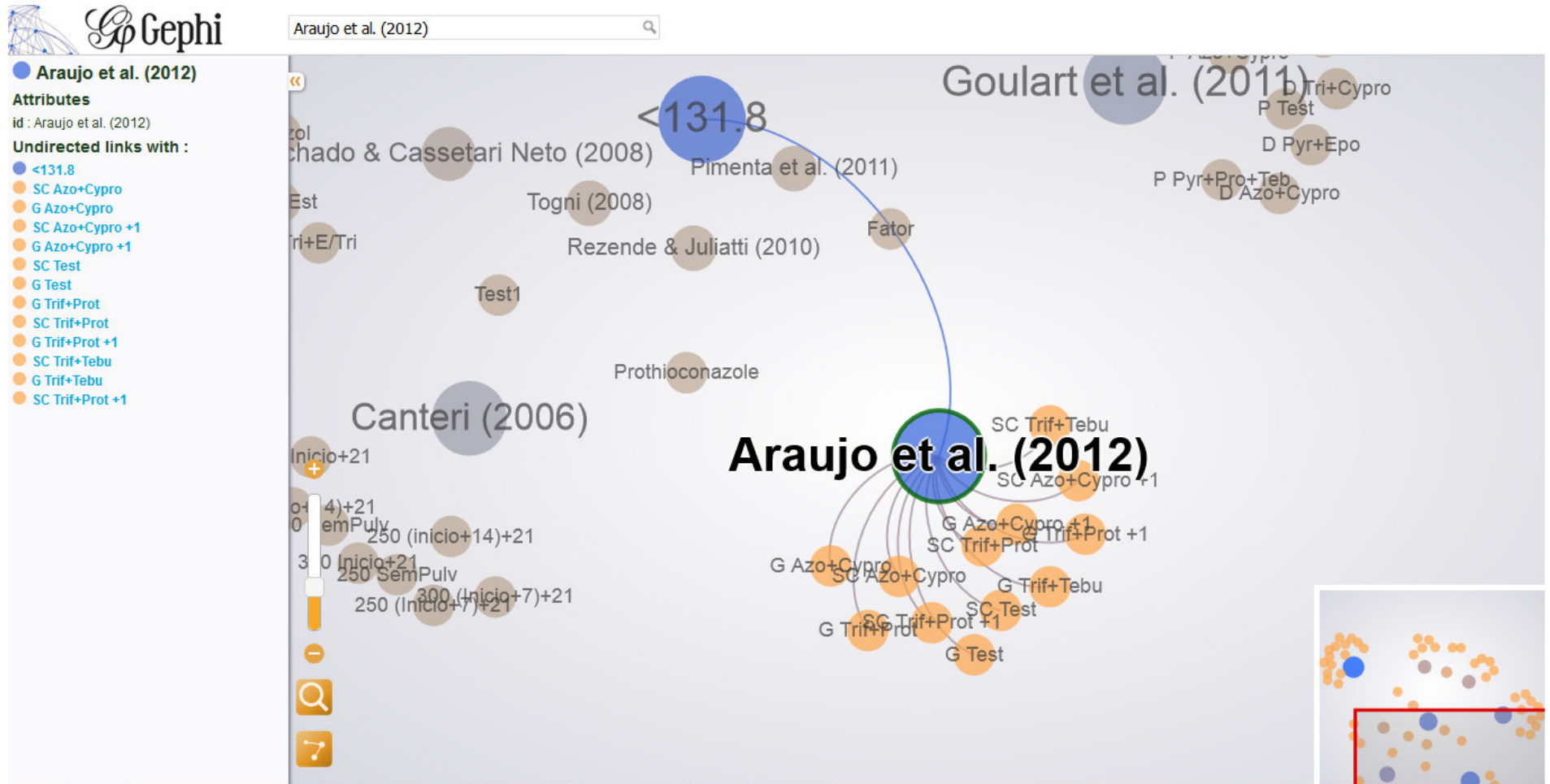
Fonte: O Autor

Na parte superior, ilustrado pela Figura 29, situa-se um campo de pesquisa que permite ao usuário buscar o nó desejado, não sendo necessário encontrá-lo diretamente no gráfico, facilitando a busca principalmente quando a quantidade de experimentos é ampla. Na parte inferior direita é apresentado ao usuário uma área de contexto, que fornece uma visão geral do gráfico. No centro do gráfico está o nó que representa o resultado metanalítico obtido (131.8), os nós vizinhos representam cada estudo incluído na metanálise e seus nós filhos são os experimentos que cada estudo realizou. A área em que os nós são exibidos é conhecida como área de detalhe.

As cores apresentadas no gráfico representam o grau da exaustividade bibliográfica contida na metanálise. Quanto mais azul for o nó, mais experimentos o estudo realizou, portanto, seu resultado é mais confiável e não tendencioso.

Quando o gráfico estiver no modo de zoom, (disponível para o usuário no canto inferior esquerdo do gráfico), a área de contexto irá exibir um retângulo vermelho apresentando a localização do nó dentro do gráfico, conforme ilustra a Figura 30.

Figura 30 – Pesquisa dos experimentos do estudo de Canteri (2006) na visualização básica

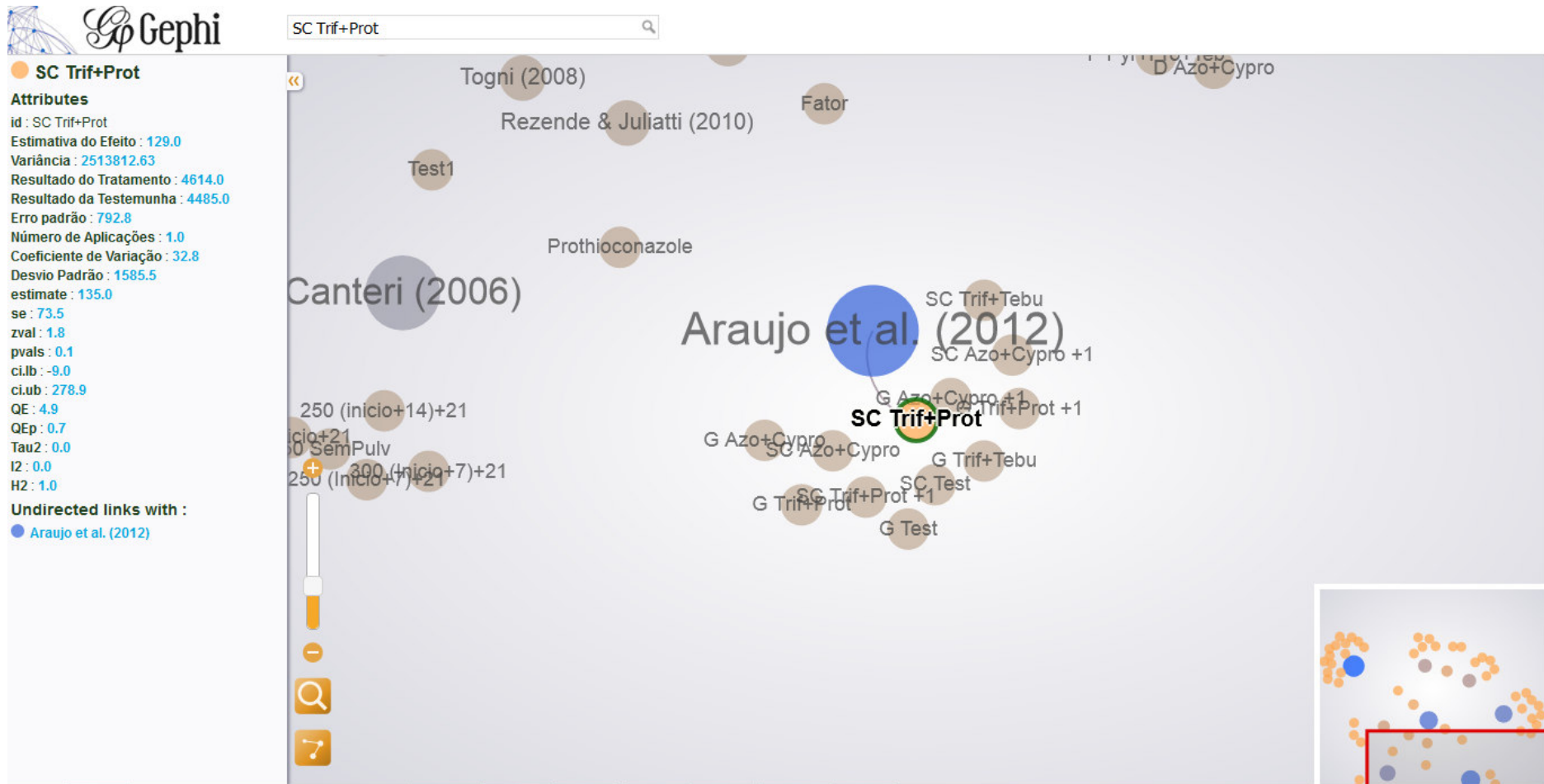


Fonte: O Autor

Na Figura 30 foi realizada a pesquisa do estudo Araújo *et al.* (2012) no campo superior, a área de contexto exhibe a localização deste nó a partir do gráfico completo. Na área de detalhe, o gráfico destaca o nó requerido e os demais aparecem em segundo plano. Ao pesquisar ou clicar em um nó, uma aba é exibida no canto esquerdo da tela exibindo as informações (*Attributes*) do nó correspondente e seus nós vizinhos (*Undirected links with*). No exemplo ilustrado pela Figura 30 o estudo do Araújo *et al.* (2012) a aba exhibe os 12 experimentos que o estudo possui, representados pelos círculos alaranjados, e o nó que representa a metanálise.

Ao clicar no experimento *SC Trif+Prot* do estudo de Araújo *et al.* (2012) a aba exhibe suas informações específicas. Quanto mais completo for o banco de dados construído através da análise dos estudos, mais atributos poderão ser exibidos pelo gráfico para cada nó. A Figura 31 ilustra os atributos exibidos na aba do experimento selecionado.

Figura 31 – Atributos do experiment SC Trif+Prot



Fonte: O Autor

Os atributos *Estimativa do Efeito*, *Variância*, *Resultado do Tratamento*, *Resultado da Testemunha*, *Erro Padrão*, *Número de Pulverizações*, *Coeficiente de Variação* e *Desvio Padrão* são oriundos do *Banco de Dados Fluquinconazol* e plotados no gráfico.

Os demais atributos são resultados estatísticos calculados pelo Software *R* através da função *Cumul()*, e representam:

- **estimate:** Coeficientes estimados do modelo;
- **se:** Erro padrão dos coeficientes;
- **zval:** Análises estatísticas dos coeficientes;
- **pvals:** Valores p para estatística de teste;
- **ci.lb:** Limite inferior para os intervalos de confiança dos coeficientes;
- **ci.ub:** Limite superior para os intervalos de confiança dos coeficientes;
- **QE:** Estatística de testes para os testes de heterogeneidade;
- **QEp:** valores p para os testes de heterogeneidade;
- **Tau2:** Valores estimados de heterogeneidade (apenas para os modelos de efeito aleatório);
- **I²:** Valores de I^2 (medida para avaliar a heterogeneidade, apenas para os modelos de efeito aleatório);
- **H²:** Valores de H^2 (medida para avaliar a heterogeneidade, apenas para os modelos de efeito aleatório);

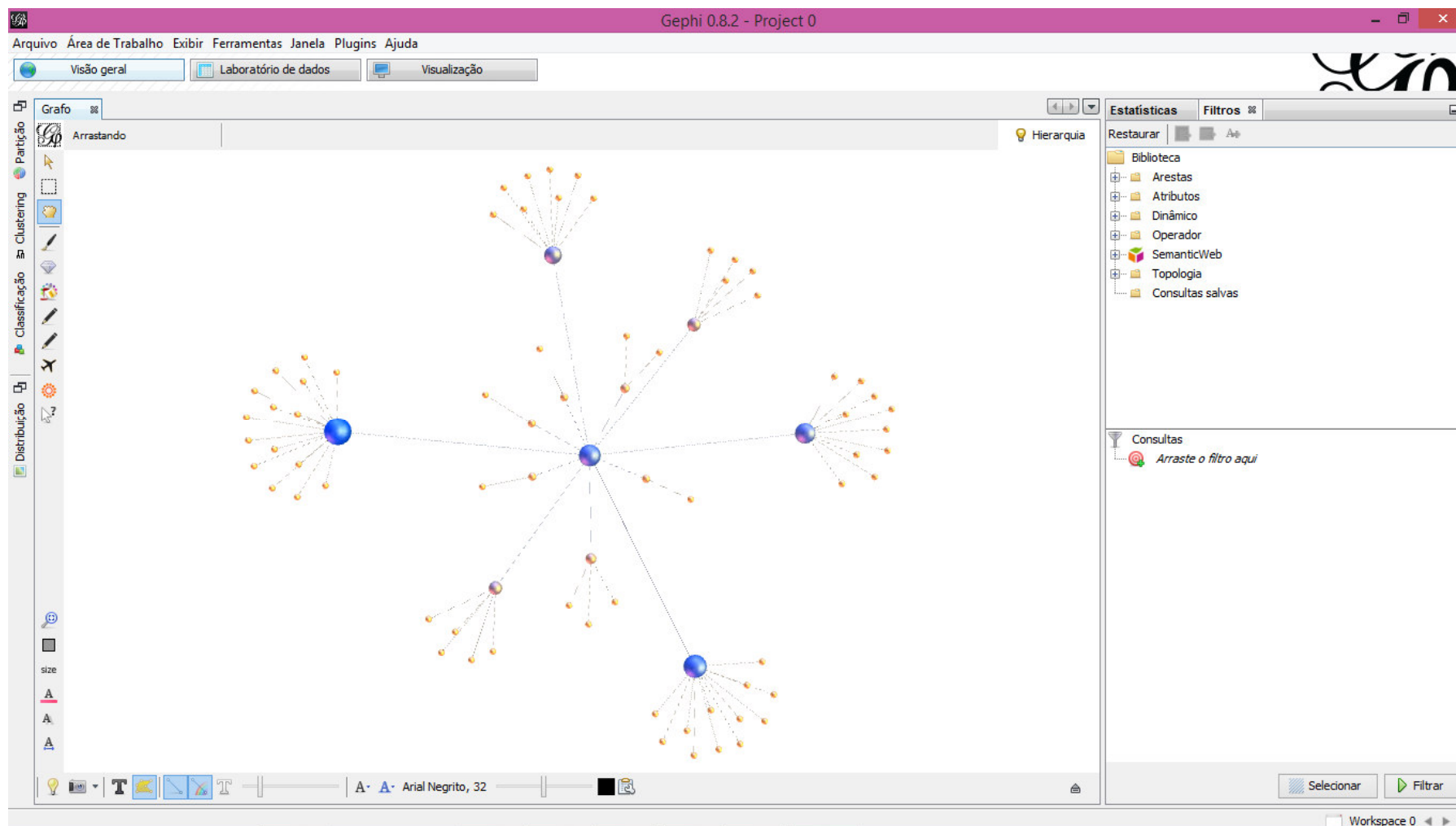
Na visualização básica é possível somente visualizar o gráfico e seus atributos. Para aumentar a dinamicidade e possibilitar maior exploração do gráfico a visualização avançada deve ser usada.

4.1.3.2. VISUALIZAÇÃO AVANÇADA

A visualização avançada é exibida diretamente pelo Software Gephi 0.8.2 (BASTIAN *et al.*, 2009) para que o usuário possa trabalhar dinamicamente com o gráfico e melhor explorar seus resultados. Ao clicar sob

a opção de visualização avançada o Gephi irá abrir automaticamente exibindo o gráfico, conforme ilustra a Figura 32.

Figura 32 – Parte inicial da visualização avançada da técnica bifocal tree



Fonte: O Autor

A partir desta visualização o software disponibiliza ao usuário diversas opções para trabalhar dinamicamente com o gráfico, como por exemplo:

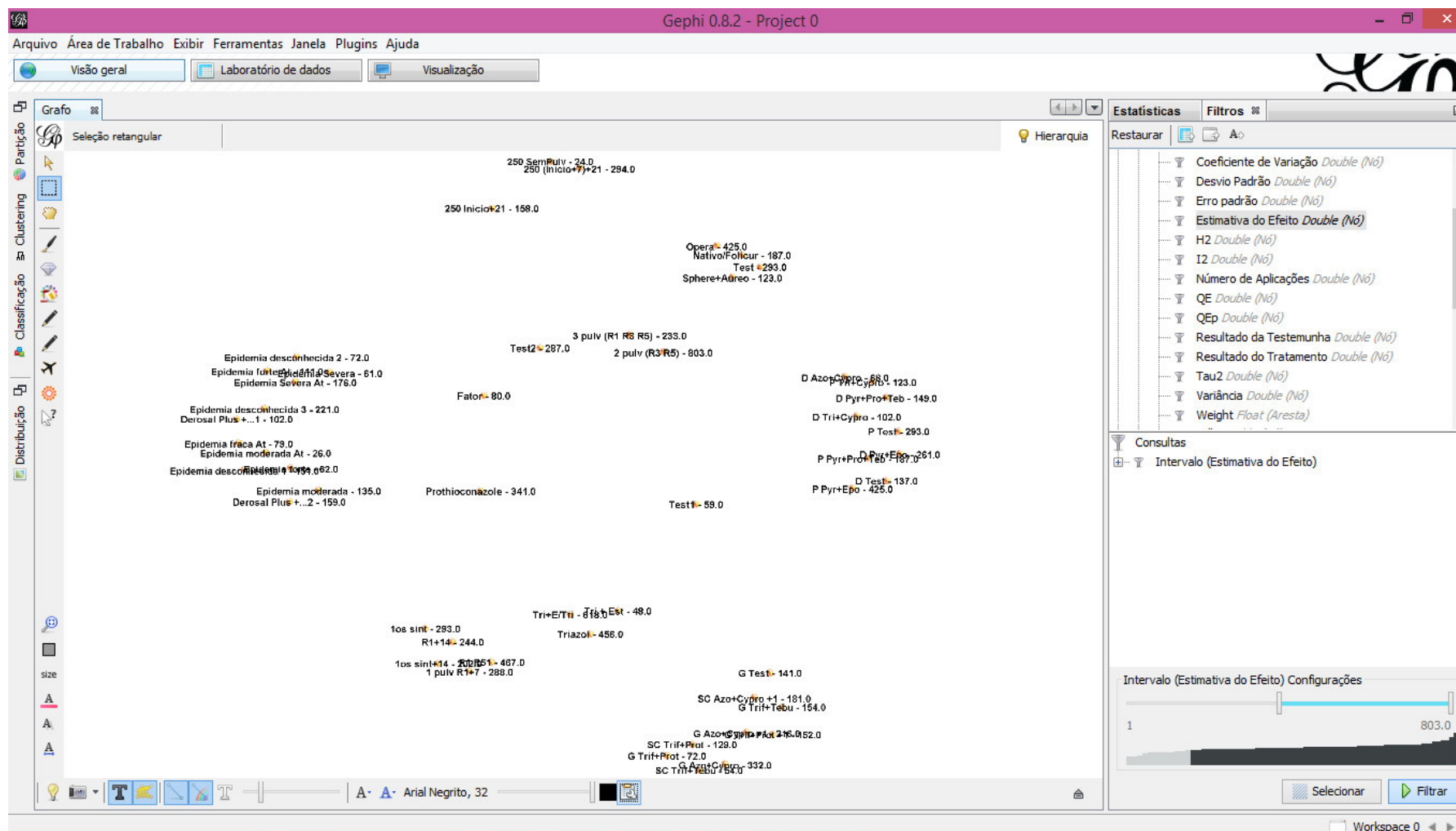
- Exibir rótulos (nomes) de todos os nós;
- Exibir apenas os rótulos dos nós selecionados e/ou nós vizinhos;
- Exibir em segundo plano os nós não selecionados;
- Alterar cores: de fundo, nós, arestas e rótulos;
- Zoom;
- Alterar a fonte dos rótulos;
- Exibir um ou mais atributos de cada nó;
- Alterar o layout do gráfico através dos onze algoritmos disponíveis;
- Exportar o gráfico nos formatos: .pdf, .png e .svg.
- Exportar o gráfico em formatos de grafos: .csv, .dl, .gdf, .gexf, .gml, .graphml, .net e .vna

Além disso, utilizando a visualização avançada é possível realizar uma análise dos dados com todos os atributos e dados estatísticos que o gráfico apresenta.

4.1.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS USANDO O SOFTWARE E AS TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO

Para realizar a análise dos dados contidos no gráfico é necessário utilizar a aba *Filtros - Atributos*, localizada no canto superior direito da tela. As opções de filtros podem ser utilizadas para um ou mais atributos simultaneamente. A Figura 33 ilustra um exemplo de filtragem que seleciona apenas o intervalo positivo do atributo Estimativa de Efeito, ou seja, o gráfico está exibindo apenas os experimentos que obtiveram um incremento na taxa de produtividade.

Figura 33 – Filtragem do atributo Estimativa de Efeito



Fonte: O Autor

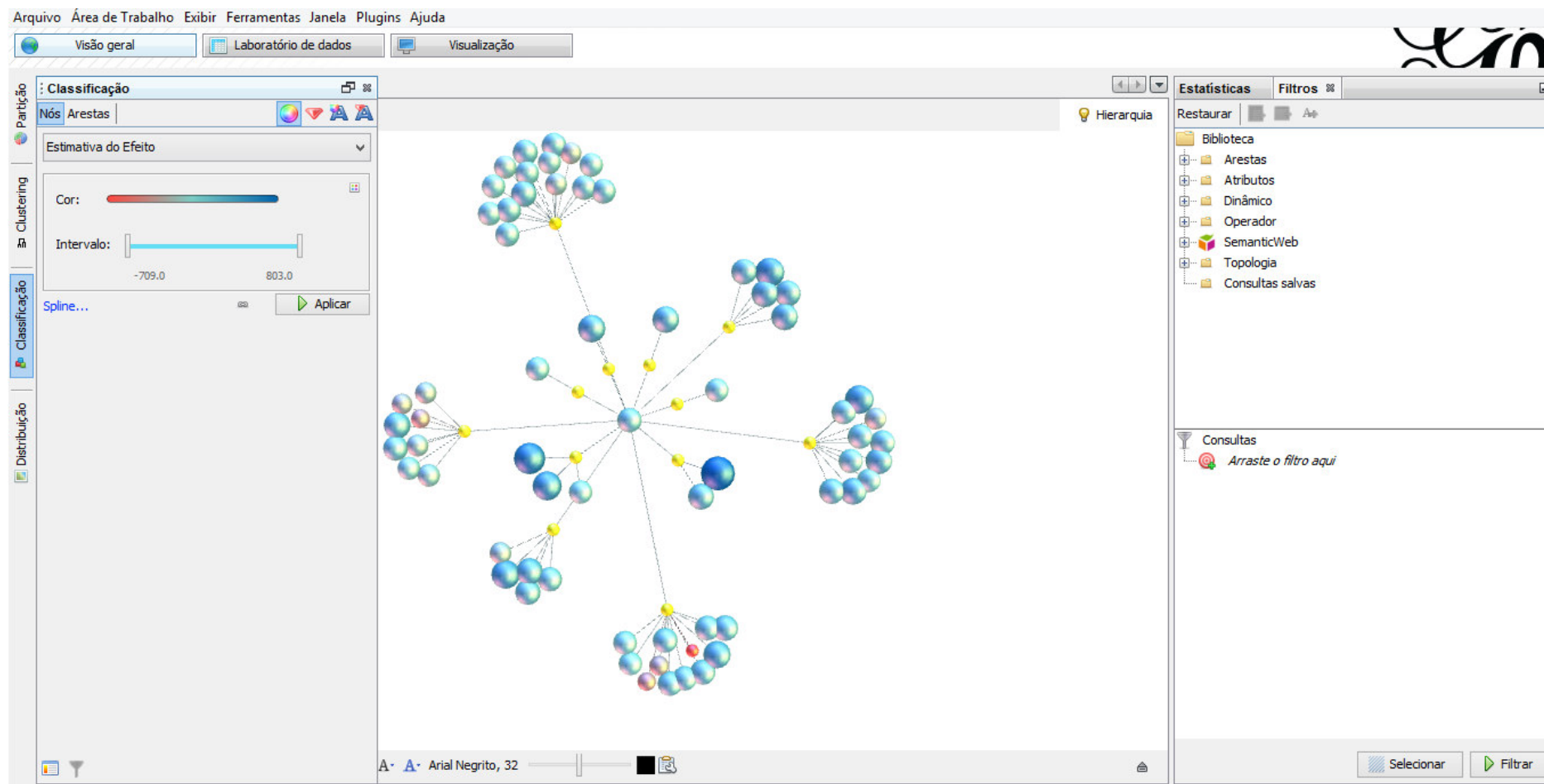
Além da exibição dos atributos que possuem uma taxa de produtividade positiva, o gráfico exibe ao lado de cada rótulo seu respectivo valor de taxa de produtividade. Também pode-se notar que o gráfico exibe no canto inferior direito uma barra que indica ao usuário o volume de nós que representam a respectiva pesquisa realizada. Neste exemplo, pode-se notar que existem mais nós com taxas de produtividade positiva, uma vez que a barra está notoriamente mais preenchida.

O software disponibiliza as seguintes opções para filtragem dos atributos:

- **Igual:** Seleciona valores com determinado valor de atributo;
- **Inter Arestas:** Seleciona arestas com atributos particulares para redes *one-mode*, bastante utilizada em análise de gráfico de redes sociais, não utilizado neste trabalho pois as arestas não possuem valores;
- **Intervalo:** Seleciona os nós com um valor de atributo em um intervalo específico. Utilizado como exemplo na Figura 33
- **Intra Arestas:** Seleciona arestas com atributos particulares para redes *two-mode*, também utilizada para análise de redes sociais e não aplicada a este trabalho;
- **Não Nulo:** Seleciona nós com valores não nulos de atributos;
- **Número de Partições:** Seleciona o número de partições que possui um atributo categórico, não aplicado a este trabalho pois não existem atributos com categorização;
- **Partição:** Seleciona diferentes níveis de atributos categóricos, não aplica-se à este trabalho pois não existem atributos com categorização.

Além de obter a análise dos dados através da filtragem de atributos, pode-se trabalhar também com a classificação dos dados, utilizando cores e tamanhos dos nós e rótulos para identificar os atributos. Utilizando o mesmo exemplo ilustrado na Figura 33, foi realizada a classificação dos dados através do atributo *Estimativa de Efeito*. A Figura 34 ilustra o resultado obtido.

Figura 34 – Classificação dos dados através do atributo Estimativa do Efeito



Fonte: O Autor

Esta classificação foi realizada utilizando o tamanho e a cor do nó para diferenciar os valores dos atributos. Quanto maior foi a taxa de produtividade (Estimativa do Efeito), sua cor tende para o azul e o tamanho do nó é maior, assim como, quanto menor for o valor, menor será o tamanho do nó e sua cor tenderá para o vermelho. Neste exemplo, mostra-se que o usuário pode detectar os experimentos que possuem valores positivos em relação ao atributo selecionado.

Ainda nesta visualização, é possível perceber quais experimentos possuem valores mais próximos ao do resultado feito pela compilação dos estudos, resultando a metanálise (nó central). Esta percepção pode ser feita tanto pela cor, quanto pelo tamanho do nó.

Os nós que estão representados pelas cores amarelas no gráfico não possuem valor de *Estimativa de Efeito*, pois são os nós que representam os estudos (os estudos possuem experimentos, portanto, os experimentos possuem estimativas realizadas pelo estudo).

No exemplo acima (Figuras 33 e 34), foi utilizado o atributo *Estimativa do Efeito*, porém, a análise dos dados realizada tanto pela filtragem de atributos quanto pela classificação dos dados podem ser exploradas em todos os atributos que os nós experimentos contêm (Ilustrados na Figura 31).

O nó central da metanálise obteve um valor estimado do efeito de 131.8 (Representado por número na Figura 30 e por cores e tamanho na Figura 34, no entanto, nesta última é possível visualizar o número se o usuário posicionar o mouse sob o nó), ou seja, com a compilação da metanálise, através dos estudos encontrados, é possível observar que o uso do fluquinconazol na semente da soja propicia um aumento de 131.8 Kg/ha na taxa de produtividade da soja.

Deste modo, o usuário, por exemplo um produtor ou engenheiro agrônomo, pode realizar tomada de decisão da utilização, ou não, do fungicida em sua cultura, em função dos recursos necessários para aplicá-lo e do benefício proporcionado pela utilização.

4.2. COMPARAÇÃO DO TRABALHO PROPOSTO COM OS DA LITERATURA

A implementação realizada da técnica *bifocal tree* foi baseada em algumas diretrizes desenvolvidas por Tufte (2001) para melhorar a qualidade visual da exibição de informação estatística como:

- Apresentar uma complexidade de detalhes acessível: o usuário pode acessar, a partir dos nós, cada nível específico do gráfico, e também visualizar o gráfico totalmente expandido, auxiliando o usuário na exibição dos detalhes.
- Representar uma proporção, uma percepção imediata de dados relevantes, importantes: o usuário consegue distinguir quais estudos possuem mais relevância para obter o resultado final da metanálise.
- Escolher corretamente o formato e o *design*: a técnica *Bifocal Tree* foi selecionada a partir de uma pesquisa bibliográfica das Técnicas de Visualização de Informação para melhor representar o gráfico *Forest Plot*.
- Desenhar de forma profissional, com detalhes técnicos de uma produção feita com cuidado: depois de eleita a *Bifocal Tree*, a prototipação foi realizada a partir do estudo detalhado da técnica e cuidadosamente aprimorada para melhor exibir o gráfico e aumentar a cognição do usuário.

A proposta realizada pelo trabalho de Langan *et al.* (2012), de adicionar métodos gráficos para auxiliar o usuário, não permitia ao usuário identificar os estudos, uma vez que todos são representados igualmente por um círculo preto. Com a aplicação da técnica utilizada por este trabalho, foi possível distinguir os estudos através da adição do rótulo de cada nó, além disso, as cores auxiliam também para diferenciá-los.

A interatividade que as técnicas de visualização de informação proporcionam ao usuário suprem a ausência percebida nos trabalhos de Shah e Andrade (2015) e Rosemberg *et al.* (2004). A utilização da *bifocal tree* permite ao usuário explorar melhor os resultados obtidos, interpretar mais

rapidamente as informações relevantes e, conseqüentemente, aperfeiçoar o conhecimento do estudo aplicado.

O Quadro 5 relaciona as características entre os trabalhos encontrados na literatura e o proposto.

Quadro 5 – Comparação de características do trabalho proposto com os da literatura

Autor	Características				
	Diretrizes para visualização de informação	Métodos gráficos	Análise dos dados estático	Aplicação da metanálise	Software utilizado
Tufte (2001)	SIM	NÃO	NÃO HÁ	NÃO	NÃO
Langan <i>et al.</i> (2012)	NÃO	SIM	ESTÁTICO	MEDICINA	<i>R</i> e STATA
Shah e Andrade (2015)	NÃO	SIM	ESTÁTICO	PSIQUIATRIA	<i>R</i>
Rosemberg <i>et al.</i> (2004)	NÃO	NÃO	ESTÁTICO	AGRICULTURA	MetaWin
Trabalho Proposto	SIM	SIM	DINÂMICO	AGRICULTURA	<i>R</i> , WMA e Gephi

Fonte: O autor

O trabalho proposto utilizou as diretrizes de Tufte (2001) e criou um método que identifica a melhor técnica de visualização para qualquer base de dados hierárquica. Os métodos gráficos sugeridos pelo trabalho para aperfeiçoar a visualização dos resultados provêm da técnica *bifocal tree*. A técnica permite a análise dinâmica dos dados e foi aplicada em um estudo de caso que utiliza a metanálise na agricultura através do software WMA.

O trabalho proposto tenta suprir algumas lacunas que existiam na análise de dados estáticos utilizando a metanálise e foi aplicado na agricultura para determinar a eficiência do uso do fungicida fluquinconazol na semente da soja como manejo para a doença da ferrugem asiática.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho aplicou a metanálise na área agrícola para determinar a eficácia do uso do fungicida fluquinconazol na semente de soja, usando a *Base de Dados Fluquinconazol* (Apêndice A), utilizada para minimizar o impacto causado pela doença da ferrugem asiática na produtividade da cultura no software WMA (SILVA, 2015).

A execução da metanálise foi realizada no WMA mediante quatro mudanças. A primeira foi a implementação de uma nova medida de efeito, *diferença média padronizada*, acrescentada porque os estudos selecionados para realizar a metanálise utilizavam da diferença média da produtividade entre um experimento que teve o fungicida utilizado na semente da soja e outro não. A medida de efeito foi inserida seguindo alguns passos: *Instalar o software WMA, Entender o funcionamento arquitetural do software, Implementar a medida de efeito diferença média padronizada e Testar a Base de Dados Fluquinconazol* usando a medida de efeito inserida.

A segunda mudança no WMA foi a alteração do sistema *web* o qual deveria conter dados sobre a medida de efeito *diferença média padronizada* e da técnica de visualização *bifocal tree*. O sistema *web* auxilia o usuário no passo a passo para executar a metanálise, portanto, com a inclusão de duas novas funcionalidades houve a necessidade de incluir as instruções de uso.

A terceira alteração foi nos arquivos fontes no *software* WMA para inclusão da medida de efeito e da técnica *bifocal tree*. Foi criado um pacote, *br.com.wma.gephi*, que gera o gráfico com a *bifocal tree* através do algoritmo desenvolvido de acordo com as características da técnica.

Após a análise dos gráficos gerados pela metanálise na *Base de Dados Fluquinconazol* exibidos no WMA, percebeu-se a necessidade de aperfeiçoar a exibição dos resultados obtidos, para tanto, o trabalho criou um método, com a participação do estudante Felipe Gusmão, para identificar a melhor técnica de visualização de informação para representar uma base de dados hierárquicos.

O método criado teve como base a análise das características de dezoito técnicas de visualização. O formato do método criado foi realizado a

partir das diretrizes descritas por Tufte (2001): *Apresentar uma complexidade de detalhes acessível; Representar uma proporção, uma percepção imediata de dados relevantes; Escolher corretamente o formato e o design; Desenhar de forma profissional, com detalhes técnicos de uma produção feita com cuidado.*

O método dividiu as características das técnicas de visualização de informação hierárquicas em dois diferentes grupos: *características eliminatórias*, necessárias para representar a estrutura de dados e *características classificatórias*, com atributos que a estrutura pode desempenhar. Estas foram dispostas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

O método criado permitiu a seleção da técnica ideal, bifocal tree, para o trabalho de pesquisa e pode ser aplicado na Base de Dados Fluquinconazol para execução da metanálise, que dispõe de dados que permite a utilização de hierarquia. Além disso, o método pode ser utilizado para identificar a técnica ideal para qualquer estrutura de dados que permita uma visualização hierárquica.

A quarta mudança realizada no WMA foi a incorporação e implementação do algoritmo da *bifocal tree*, baseado em suas características e utilizando o software *Gephi*. Para isto foram realizados alguns passos: *Pesquisar na web ferramentas que suportavam os requisitos da técnica bifocal tree, Baixar e instalar o software Gephi 0.8.2, Compreender o funcionamento do software, Pesquisar na web códigos que auxiliassem na implementação do algoritmo, Implementar o algoritmo da técnica e Incorporar o algoritmo no software WMA.*

A implementação da técnica permitiu melhor representar a estrutura de dados da *Base de Dados Fluquinconazol*, através da exploração dos recursos dinâmicos oferecidos, resultando em uma maior exploração visual, melhor e mais rápida compreensão dos dados relevantes, por meio de duas formas de visualização: *básica* e *avançada*. A *visualização básica* permite que o usuário visualize o gráfico com nós diferenciados por cores e tamanhos para mostrar o grau de ligação entre os experimentos. A *visualização avançada* foi criada para usuários mais experientes, que possuem aptidão em sistemas computacionais,

dado que esta oferece ao usuário mais opções para alterar a disposição das informações geradas pela dinamicidade do gráfico.

Com os resultados exibidos através da *bifocal tree*, foi possível analisar e concluir que a taxa de produtividade da soja com a utilização do *fluquinconazol*, para minimizar os efeitos causados da ferrugem teve um ganho de 131.8 Kg/ha. A percepção dos resultados pode ser notada tanto pelo tamanho ou pela cor dos nós, quanto pela representação numérica do dado.

5.1. TRABALHOS FUTUROS

Os trabalhos que podem ser desenvolvidos por meio desta pesquisa são:

- Acrescentar ao software *R* o algoritmo da técnica *bifocal tree* implementado.
- Realizar a refatoração do software WMA - Implementar as seguintes medidas de efeito no Software WMA: Diferença média básica (não padronizada); Razão de resposta; Razão de risco; Razão de chances; Diferença de risco; Razão de chances e Diferença de risco.

REFERÊNCIAS

ANDREWS, K. and HEIDEGGER, H. Information Slices: Visualising and Exploring Large Hierarchies using Cascading Semi-Circular Discs. **Proceedings of IEEE Infovis'98**. 1998, p 9-11.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. MELLO, D. R. de. 2007. Disponível em: <[http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP\[20065-1-0\].PDF](http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP[20065-1-0].PDF)>. Acesso em: 07 de Janeiro de 2015.

ARAÚJO, F.G., ROCHA, M.R. da, AGUIAR, R.A., GARCIA, R.A., CUNHA, M.G. Manejo de ferrugem da soja com fungicidas em tratamento de sementes e aplicação foliar. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p. 2585-2592, 2012.

BARLOW, T. and NEVILLE, P. A comparison of 2-D Visualization of hierarchies. **Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization**. 2001, p. 131-138.

BASTIAN, M., HEYMANN, S., JACOMY, M. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. **International AAAI Conference on Weblogs and Social Media**, 2009.

BEAUDOIN, L., PARENT, M.A., VROOMEN, L.C., Cheops: A Compact Explorer for Complex Hierarchies. **Proceedings of the 7th Conference on Visualization**, 1996.

BORENSTEIN, M., HEDGES, L.V., HIGGINS, J.P.T., ROTHSTEIN, H.R. **Comprehensive Meta-Analysis (CMA)**. Engelwood, NJ , Biostat 2005.

BORENSTEIN, M., HEDGES, L.V., HIGGINS, J.P.T., ROTHSTEIN, H.R. **Introduction to Meta-Analysis**. John Wiley & Sons, 2009.

BOSTOCK, M. OGIEVETSKY, V., HEER, J. D3: Data-Driven Documents. **IEEE Trans. Visualization & Comp. Graphics (Proc. InfoVis)**, 2011.

BRANCO, V. M. A. **Visualização como Suporte à Exploração de uma Base de Dados Pluviométricos**. 2003, 27f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Universidade de São Paulo, São Paulo 2003.

CAVA, R.A, LUZZARDI, P.R.G., FREITAS, C.M.D.S. The Bifocal Tree: a Technique for the Visualization of Hierarchical Information Structures. **Workshop on Human Factors in Computer System, IHC, SBC**. 2002, 11 f.

CHI, E.H., PITKOW, J., MACKINLAY, J., PIROLI, P., GROSSWEILER, R., CARD, S.K. Visualizing the Evolution of Web Ecologies. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**, New York, NY, 1998, pp. 400-407.

COSTA, A. F. **Tratamento de sementes de soja com fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja**. 2007, 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

DIAS, M. P. **A Contribuição da Visualização para a Ciência da Informação**. 2007, 115 f. Disertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2007.

DELAYAINE, F., LANDRIVON, G., ECOCHARD, R., COLIN C. Meta-analysis. **Health Policy**, v.19, p.185-196, 1991.

EGGER, M., DAVEY, S.G., SCHNEIDER, M., MINDER, C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. **BMJ**, v. 315, p. 629-34, 1997.

FEUER, D.J. Meta-analysis. **Palliative Medicine**, v.13, p. 433-437, 1999.

FURLAN, S.H. e SCHERB, C.T. Tratamento de sementes de soja com fluquinconazole associado à pulverização de fungicidas visando o controle da ferrugem asiática e da mancha parda. Embrapa Soja. **Resumos da XXIX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**, Londrina: UEL, 2007, p. 75-78.

GODOY, C.V., KOGA, L.J., CANTERI, M.G. Diagrammatic Scale for Assessment of Soybean Rust Severity. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 063-068, 2006.

GODOY, C.V., HENNING, A. S. Tratamento de semente e aplicação foliar de fungicidas para o controle da ferrugem-da-soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 10, p 1297-1302, 2008.

GOULART, A.C.P., FURLAN, S.H., FUJINO, M.T. Controle integrado da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) com o fungicida fluquinconazole aplicado nas

sementes em associação com outros fungicidas pulverizados na parte aérea da cultura. **Summa Phytopathol**, v. 37, n. 2, p. 113-118, 2010.

GHERRA-GÓMEZ, J.A., and PACK, M.L. Discovering temporal changes in hierarchical transportation data: Visual analytic & text reporting tools. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 51, p. 167-179, 2013.

GODOY, C. V. and HENNING, A. S. Tratamento de semente e aplicação foliar de fungicidas para o controle da ferrugem-da-soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1297-1302, 2008.

GUSMAO, F. G. **Análise Qualitativa das Técnicas de Visualização Hierárquicas a serem aplicadas ao FrameMK**. Departamento Acadêmico de Informática. Ponta Grossa: - UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), 2014. Relatório Técnico.

HIGGINS, J.P.T., GREEN, S. **Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0**. The Cochrane Collaboration, 2011. Disponível em: www.cochrane-handbook.org

HIKISHIMA, M., CANTERI, M.G., GODOY, C. V., KOGA, L. J., SILVA, A. J. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, n. 2, p. 96-103, 2010.

HOLMQUIST, L.E. Focus+Context Visualization with Flip Zooming and the Zoom Browser. **Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems**, New York, NY, 1997.

HORNIK, K., LEISH, F.R. The Newsletter of the R Project. **R News**, vol. 1, 32 p., 2001.

HUNTER, J.E., SCHMIDT, F.L. Methods of Meta-analysis: Correcting Error and Bias. **Research Findings**. Newbury Park, CA: Sage Publications 1990.

IWANO, F. K. **Estratégias de Avaliação da Severidade da Mancha-Angular no Feijoeiro**. 2013, 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

JOHSON, B., SHNEIDERMAN, B. Tree-Maps: A Space-Filling Approach to the Visualization of Hierarchical Information Structures. **Proceedings of the Second Conference on Visualization**. Los Alamitos, CA. 1991, pp. 284-291.

KESKIN, C., VOGELMANN, V. Effective Visualization of Hierarchical Graphs with the Cityscape Metaphor. **Proceedings of the 1997 Workshop on New Paradigms in Information Visualization and Manipulation**, New York, NY, 1997.

KLEIBERG, E., WETERING, H.V., WIJK, J.J.V. Botanical Visualization of Huge Hierarchies. **Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization**, Washington, DC, 2001.

KRUSKAL, J.B., LANDWEHR, J.M. Icicle Plots: Better displays for hierarchical Clustering. **The American Statistician**, v. 37, n.2, p. 162-168, 1983.

LANGAN, D., HIGGINS, J.P.T., GREGORY, W., SUTTON, A.J. Graphical augmentations to the funnel plot assess the impact of additional evidence on a meta-analysis. **Journal of Clinical Epidemiology**, v..65, p. 511-519, 2012.

LAMPING, J., RAO, R., PIROLI, P. A Focus+Context Technique Based on Hyperbolic Geometry for Visualizing Large Hierarchies. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**, New York, NY, 1995.

LIKERT, R., ROSLOW, S. and MURPHY, G. A simple and reliable method of scoring the Thurstone attitude scales. **Personnel Psychology**, v. 46, n. 3, p. 689-690, 1993.

LUIZ, A.J.B. Meta-Análise: Definição, Aplicações E Sinergia Com Dados Espaciais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.19, n. 3, p. 407-428, set./dez, 2002.

MADDEN, L.V. and PAUL, P. A. Meta-Analysis for Evidence Synthesis in Plant Pathology: An Overview. **Phytopathology Symposium**, v. 101, n. 1, p. 16-30, 2011.

MACKINLAY, J.D., ROBERTSON, G.G., CARD, S.K. The Perspective Wall: Detail and Context Smoothly Integrated. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**, New York, NY. 1991, pp. 173-176.

MARTINS, J.A.S., JULIATTI, F.C., Santos, V.A., Polizel, A.C. Período latente e uso da análise de componentes principais para caracterizar a resistência parcial à ferrugem da soja. **Summa Phytopathol**, v. 33, n. 4, p. 364-371, 2007.

MENTEN, J.O.M.; TOGNI, D.A.J.; CALAÇA, H. A.; BERTUCCI-RAMOS, P. H.; VEIGA, J. S.; SUZUKI, M. Aporte del tratamiento de semillas en el manejo de la roya asiática de la soya. **XIV Congreso Latinoamericano y del Caribe de Fitopatología**, México. 2007, p. 61.

NAVICKIENE, S. **Desenvolvimento e Aplicação de Métodos para Análise de Resíduos dos Fungicidas Fluquinconazol, Pirimetanil e Procloraz e dos Acaricidas Clofentezina e Cihexatina em Frutas**. 2003, 118 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2003.

NAUE, C.R., MARQUES, M.W., Lima, N.B., Galvêncio, J D. Sensoriamento remoto como ferramenta aos estudos de doenças de plantas agrícolas: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.3, p. 190-195, 2010.

OGUNDARI, K. The Paradigm of Agricultural Efficiency and its Implication on Food Security in Africa: What Does Meta-analysis Reveal?. **World Development**, v. 64, p. 690-702, 2014.

OLIVEIRA NETTO, A. A. IHC – **Interação Humano Computador**: Modelagem e Gerência de Interfaces com o Usuário. Florianópolis: VisualBooks, 2004. 120p.

PATEL, M.S. An introduction to Meta-analysis. **Health Policy**, v.11, n. 1, p. 79-85, 1989.

PIMENTA, C. B. **Efeito do tratamento de sementes na redução da incidência e severidade da ferrugem asiática da soja, associado à pulverização foliar e a duas cultivares**. 2009, 75f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

PIMENTA, C. B., JULIATTI, F. C., JÚNIOR, J. N. Efeito do tratamento de semente com fungicidas associado à pulverização foliar no controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 4, p. 187-197, 2011.

PLAISANT, C., GROSJEAN, J., BEDERSON, B.B. SpaceTree: supporting exploration in large node link tree, design evolution and empirical evaluation. **Information Visualization: INFOVIS 2002. IEEE Symposium on, Washington, DC**, 2002.

REKIMOTO, J. and MARK, G. The Information Cube: Using Transparency in 3D Information Visualization. **Proceedings of the Third Annual Workshop on Information Technologies & Systems**. 1993, p. 125-132.

REZENDE, A.A., JULIATTI, F.C. Tratamento de sementes de soja com fluquinconazole no controle da ferrugem asiática. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, p. 84-94, 2010.

RIBEIRO, A. E. Visualização de informação e alfabetismo gráfico: Questões para a pesquisa. **Informação & Sociedade: Estudos**, v. 22, n. 1, p. 39-50, abril de 2012.

RIBEIRO, J. S. F., FORTES, D. G., RIBEIRO, J. F., BAUMAN, S. Eficácia do fluquinconazol associado a épocas de pulverizações de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja na região sul do MS. **Cerrado Desenvolvimento Agropecuário**, 2009.

ROBERTSON, G.G., CARD, S.K., MACKINLAY, J.D. Information Visualization Using 3D Interactive Animation. **Commun. ACM**, v. 36, n. 4, p. 57-71, 1993.

ROBERTSON, G.G., MACKINLAY, J.D., CARD, S.K. Cone Trees: Animated 3D Visualizations of Hierarchical Information. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**, New York, NY, 1991.

ROSEMBERG, M.S., GARRET, K.A., SU, Z., BOWDEN, R.L. Meta-Analysis in plant pathology: synthesizing research results. **Phytopathology**, v. 94, n.9, p. 1013-1017, 2004.

SANTOS, R., GALVÃO, J. Aplicação de fungicida no tratamento de sementes e foliar na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 5, n. 2, p. 18-24, 2012.

SHAH, N., ANDRADE, C. A simple rearrangement can improve visual understanding of a Forest plot. **Indian J Psychiatry**, v. 57, n. 3, p. 313-314, 2015

SHANNON, P., MARKIEL, A., OZIER, O., BALIGA, N.S., WANG, J.T., RAMAGE, D., AMIN, N., SCHWIKOWSKI, B., IDEKER, T. Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks. **Genome Research**, v. 13, n. 11, p. 2498-504, 2003.

SIDIK, K., JONKMAN, J. N.. Simple heterogeneity variance estimation for meta-analysis. **Journal of the Royal Statistical Society, Series C**, v. 54, n. 2, p. 367–384, 2005.

SILVA, S. F. da. **Metanálise para Validação de Escalas Diagramáticas em Doenças de Pantas e Proposta de Sistema de Software Assistente**. 2015, 66 f. Dissertação

(Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015.

SILVA, A.J., CANTERI, M.G., SANTIAGO, D. C., HIKISHIMA, M., SILVA, A.L. A Refletância na Estimativa do Efeito de Fungicidas no Controle da Ferrugem Asiática da Soja. **Summa Phytopathol**, v.35, n. 1, p. 53-56, 2009.

SPRENGER, T.C., BRUNELLA, R., GROSS, M.H. H-BLOB: A Hierarchical Visual Clustering Method Using Implicit Surfaces. **Proceedings of the Conference on Visualization**, Los Alamitos, CA, 2000.

STASKO, J., and ZHANG, E. Focus+context display and navigation techniques for enhancing radial, space-filling hierarchy visualizations. **Information Visualization, 2000. InfoVis 2000. IEEE Symposium on**. 2000, pp. 57-65.

STATACORP. 2015. **Stata Statistical Software**: Release 14. College Station, TX: StataCorp LP.

THIAM, A. BRAVO-URETA B.E., RIVAS T. Technical efficiency in developing country agriculture: A meta-analysis. **Agricultural Economics**, v.25, n. 2-3, p. 235–243, 2001.

TOGNI, D.A.J., MENTEN, J.O.M., STASIEVSKI, A. Efeito do tratamento de sementes + aplicação foliar de fungicidas no manejo da ferrugem asiática da soja. Embrapa Soja. **Resumos da XXIX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**, 2007. p. 66-69.

TOGNI, D.A.J. **Contribuição do tratamento de sementes de soja (Glycine Max L. Merrill) com fungicidas no manejo da ferrugem asiática**. 2008, 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

TUFTE, E.R. **The Visual Display of Quantitative Information. 2. Ed.** Graphics Pr, 2001.

TOUCHGRAPH, L. L. C. 2008. TouchGraph. Disponível em: <<http://www.touchgraph.com/>>. Acesso em 03 de Agosto de 2015.

VALIATI, E.R.A., PIMENTA, M.S., FREITAS, C.M.D.S. Using Multi-dimensional in-depth Long-term Case Studies for Information Visualization Evaluation. **Conference: Proceedings of the BELIV 2008 In: Workshop beyond time and errors: novel**

evaluation methods for information visualization. A Workshop of the ACM CHI 2008 Conference, Florence, Italy, April 2008.

VAZ, F.R. e CARVALHO, C.L. **Visualização de Informações.** Goiás – UFG (Universidade Federal de Goiás), 2004. 21 f. Relatório Técnico.

VENABLES, W.N., SMITH, D.M. and The R Development Core Team. **An Introduction to R.** Disponível em: < www.r-project.org > 99 p., 2001. Acesso em: 27 de Outubro de 2015.

VIECHTBAUER, W. Conducting meta-analysis in R with the metaphor package. **Journal of Statistical Software**, v. 36, n. 3, p. 1-48, 2010.

VIECHTBAUER, W. Package ‘metafor’. CRAN Disponível em: <www.r-project.org> 243p., 2009. Acesso em: 15 de Outubro de 2015.

ZIEGELMANN, P.K. Conceptual and Practical Aspects of Meta-Analysis. **Revista de Enfermagem da UFPI**, v. 2, p. 8-13, 2013.

**APÊNDICE A – Lista de Trabalhos Utilizados na Base de Dados
Fluquinconazol**

Estudo	Experimento	ME	Variância	Res Trat	Res Test	SD	Erro	Pulv	CV
Araujo <i>et al.</i> (2012)	SC Azo+Cyp	-220	2124093.46	4072	4292	1457.43	728.7	1	32.8
Araujo <i>et al.</i> (2012)	G Azo+Cyp	332	288043.46	2712	2380	536.7	268.3	2	19.84
Araujo <i>et al.</i> (2012)	SC Azo+Cyp +1	181	2277622.01	4421	4240	1509.18	754.6	2	32.8
Araujo <i>et al.</i> (2012)	G Azo+Cyp +1	216	299006.86	2702	2486	546.82	273.4	2	19.84
Araujo <i>et al.</i> (2012)	SC Test	-302	727232.88	2296	2598	852.78	426.4	0	32.8
Araujo <i>et al.</i> (2012)	G Test	141	189579.6	2136	1995	435.41	217.7	0	19.84
Araujo <i>et al.</i> (2012)	G Trif+Prot	72	266078.11	2483	2411	515.83	257.9	1	19.84
Araujo <i>et al.</i> (2012)	SC Trif+Prot	129	2513812.63	4614	4485	1585.5	792.8	1	32.8
Araujo <i>et al.</i> (2012)	G Trif+Prot +1	152	272202.19	2551	2399	521.73	260.9	2	19.84
Araujo <i>et al.</i> (2012)	SC Trif+Tebu	54	1920953.03	4004	3950	1385.98	693.0	1	32.8
Araujo <i>et al.</i> (2012)	G Trif+Tebu	154	269787.99	2541	2387	519.41	259.7	2	19.84
Araujo <i>et al.</i> (2012)	G Trif+Prot +1	-709	60270.25	4145	4854	1475.84	737.9	2	32.8
Canteri (2006)	300 (Início+14)+21	-72	192397.46	1418	1490	438.63	219.3	2	28.4
Canteri (2006)	250 (início+14)+21	-51	195153.66	1439	1490	441.76	220.9	2	28.4
Canteri (2006)	300 (Início+7)+21	-9	129835.7	1190	1199	360.63	180.2	2	28.4
Canteri (2006)	250 (Início+7)+21	294	164931.65	1493	1199	406.12	203.1	2	28.4

Canteri (2006)	300 Inicio+21	-142	119216.51	1073	1215	345.28	172.6	2	28.4
Canteri (2006)	250 Inicio+21	158	152521.44	1373	1215	390.54	195.3	2	28.4
Canteri (2006)	300 SemPulv	-269	33783.72	475	744	183.8	91.9	0	28.4
Canteri (2006)	250 SemPulv	24	52005.69	768	744	228.05	114.0	0	28.4
Dados Bayerl	Epidemia Severa	61	2787.84	--	--	8375	52.8	3	--
Dados Bayerl	Epidemia forte	62	2275.29	--	--	18176	47.7	3	--
Dados Bayerl	Epidemia moderada	135	2097.64	--	--	16767	45.8	3	--
Dados Bayerl	Epidemia fraca	-96	1600.0	--	--	17588	40.0	3	--
Dados Bayerl	Epidemia desconhecida 1	151	11728.89	--	--	117233	108.3	3	--
Dados Bayerl	Epidemia desconhecida 2	72	8281.0	--	--	82737	91.0	3	--
Dados Bayerl	Epidemia desconhecida 3	221	11837.44	--	--	165668	108.8	3	--
Dados Bayerl	Epidemia Severa At	176	19881.0	--	--	119240	141.0	3	--
Dados Bayerl	Epidemia forte At	111	906.01	--	--	8172	30.1	3	--
Dados Bayerl	Epidemia moderada At	26	1030.41	--	--	7226	32.1	3	--
Dados Bayerl	Epidemia fraca At	79	8482.41	--	--	50949	92.1	3	--
Dados Bayerl	Epidemia desconhecida At1	-54	1883.56	--	--	16960	43.4	3	--
Dados Bayerl	Epidemia desconhecida At2	-1	2937.64	--	--	29341	54.2	3	--
Dados Bayerl	Derosal Plus +...1	102	829.44	--	--	9970	28.8	3	--

Dados Bayerl	Derosal Plus +...2	159	16230.76	--	--	97335	127.4	3	--
Furlan & Scherb(2007)	Nativo/Folicur	187	116211.32	4677	4490	340.9	170.4	2	7.0
Furlan & Scherb(2007)	Opera	425	108778.55	4647	4222	329.82	164.9	1	7.0
Furlan & Scherb(2007)	PrioriXtra+Nimbus	-63	114041.08	4509	4572	337.7	168.8	1	7.0
Furlan & Scherb(2007)	Sphere+Aureo	123	107214.29	4464	4341	327.44	163.7	1	7.0
Furlan & Scherb(2007)	Test	293	22005.03	2141	1848	148.34	74.2	0	7.0
Goulart <i>et al.</i> (2011)	P Azo+Cypro	-63	1263505.33	4509	4572	1124.06	562.0	1	23.3
Goulart <i>et al.</i> (2011)	D Azo+Cypro	68	501417.56	3285	3217	708.11	354.1	1	20.5
Goulart <i>et al.</i> (2011)	D Pyr+Epo	261	495727.11	3363	3102	704.08	352.0	1	20.5
Goulart <i>et al.</i> (2011)	P Pyr+Epo	425	1205199.76	4647	4222	1097.82	548.9	1	23.3
Goulart <i>et al.</i> (2011)	D Pyr+Pro+Teb	149	526240.75	3405	3256	725.42	362.7	3	20.5
Goulart <i>et al.</i> (2011)	P Pyr+Pro+Teb	187	1287550.26	4677	4490	1134.7	567.4	3	23.3
Goulart <i>et al.</i> (2011)	D Test	137	201815.03	2131	1994	449.24	224.6	0	20.5
Goulart <i>et al.</i> (2011)	P Test	293	243802.3	2141	1848	493.76	246.9	0	23.3
Goulart <i>et al.</i> (2011)	D Tri+Cypro	102	493429.42	3276	3174	705.45	351.2	1	20.5
Goulart <i>et al.</i> (2011)	P Tri+Cypro	123	1187868.73	4464	4341	1089.89	544.9	1	23.3
Machado & Cassetari Neto (2008)	Tri + Est	48	322152.96	3042	2994	567.59	327.7	1	17.36

Machado & Cassetari Neto (2008)	Triazol	456	300745.19	3144	2688	548.4	316.6	1	17.36
Machado & Cassetari Neto (2008)	Tri+E/Tri	618	75680.01	--	--	476.53	275.1	2	--
Pimenta <i>et al.</i> (2011)	Fator	80	22929.97	2510	2430	142.52	75.7	0	5.77
Rezende & Juliatti (2010)	Prothioconazole	341	35238.24	2213	1872	176.68	93.9	1	8.65
Ribeiro <i>et al.</i> (2010)	1os sint	293	262424.48	4733	4440	512.27	295.8	1	10.31
Ribeiro <i>et al.</i> (2010)	R1+14	244	247592.2	4577	4333	497.59	287.3	1	10.31
Ribeiro <i>et al.</i> (2010)	1 pulv R1+7	288	214230.37	4288	4000	462.85	267.2	1	10.31
Ribeiro <i>et al.</i> (2010)	1os sint+14	202	223425.56	4333	4131	472.68	272.9	1	10.31
Ribeiro <i>et al.</i> (2010)	R1 R51	467	267830.4	4867	4400	517.52	298.8	1	10.31
Santos & Galvão (2012)	3 pulv (R1 R3 R5)	233	23366.62	4026	3793	152.86	76.4	3	3.68
Santos & Galvão (2012)	2 pulv (R3 R5)	803	4448.89	4024	3221	141.64	70.8	3	3.68
Togni (2008)	Test	59	25106.75	1681	1622	158.45	79.2	0	9.03
Togni, Menten, Stasievski (2007)	Test	287	69795.98	2406	2119	264.19	132.1	0	10.99