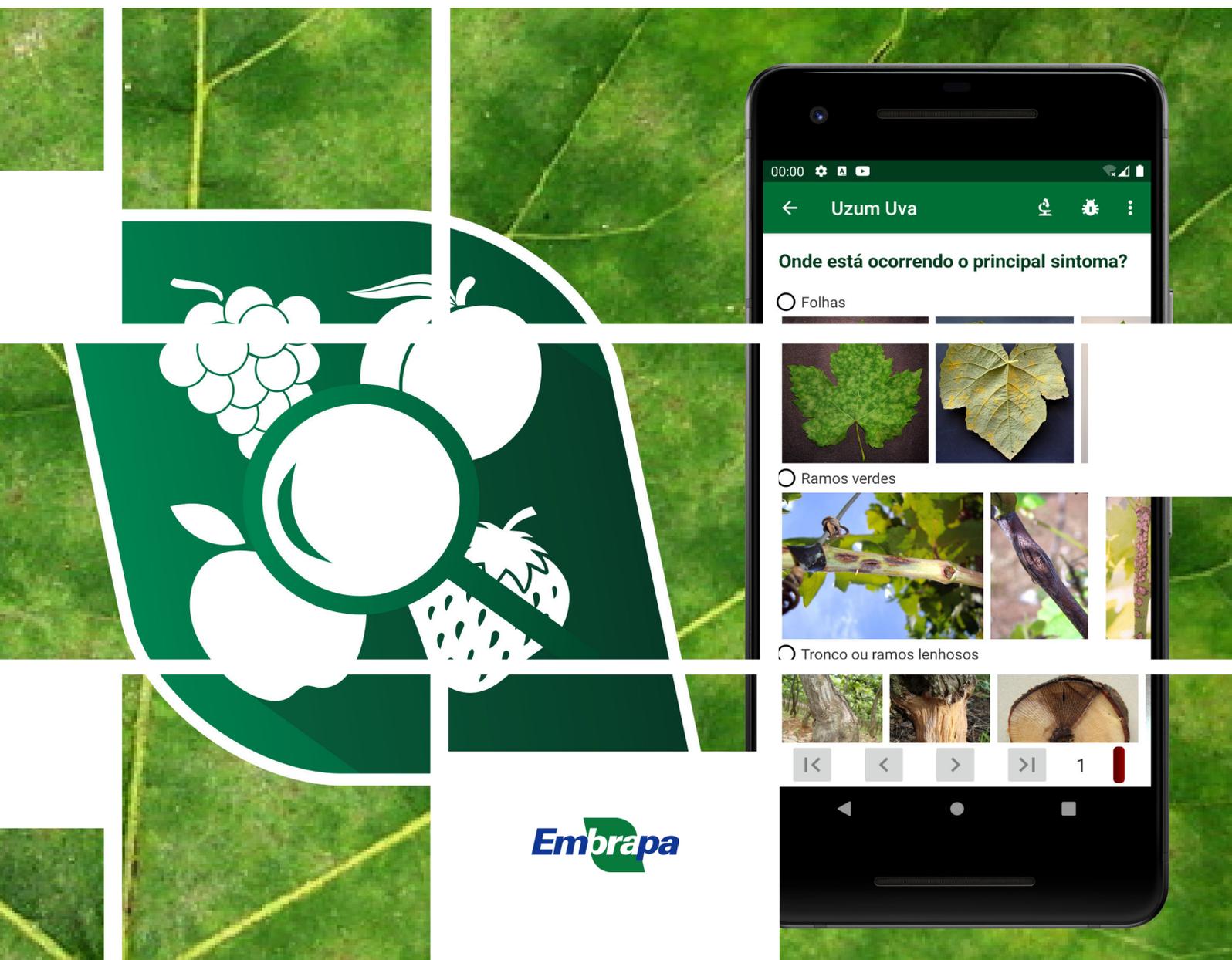


Elaboração de bases de conhecimento do Uzum



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Uva e Vinho
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 125

Elaboração de bases de conhecimento do Uzun

Flávio Bello Fialho

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Uva e Vinho
Rua Livramento, 515 - Caixa Postal 130
95701-008 Bento Gonçalves, RS

Fone: (0xx) 54 3455-8000
Fax: (0xx) 54 3451-2792
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Uva e Vinho

Presidente
João Caetano Fioravanço
Secretário-Executivo
Edgardo Aquiles Prado Perez

Membros
João Henrique Ribeiro Figueredo, Jorge Tonietto, Klecius Ellera Gomes, Luciana Mendonça Prado, Nubia Poliana Vargas Gerhardt, Rochelle Martins Alvorcem, Viviane Maria Zanella Bello Fialho

Supervisão editorial
Klecius Ellera Gomes

Revisão de texto
Edgardo Aquiles Prado Perez

Normalização bibliográfica
Rochelle Martins Alvorcem CRB10/1810

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Cristiane Turchet

Foto da capa
Flávio Bello Fialho

1ª edição
Publicação digitalizada (2021)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Uva e Vinho

Elaboração de bases de conhecimento Uzum / por Flávio Bello Fialho. - Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, maio 2021.
35 p. : il. color. -- (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 125).

ISSN 1808-4648

1. Uzum. 2. Sistema especialista de diagnóstico precoce de doenças.
3. Doença de planta. 4. Pragas secundárias. 5. Patógenos. I. Fialho, Flávio Bello. II. Embrapa Uva e Vinho. III. Série.

CDD 632.96(21. ed.)

Autor

Flávio Bello Fialho

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Engenharia Agrícola e Biológica, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS.

Agradecimento

Agradeço a toda a equipe do projeto que contribuiu no desenvolvimento e teste do sistema Uzum e suas bases de conhecimento, num esforço conjunto da Embrapa Uva e Vinho e Embrapa Clima Temperado, com o apoio do IFRS de Bento Gonçalves.

Apresentação

A importância do diagnóstico precoce de doenças, pragas e outros distúrbios em fruteiras de clima temperado levou a Embrapa a desenvolver o Uzum, um sistema especialista que cumpre essa função sem a necessidade de um acompanhamento presencial constante por técnicos especializados. O Uzum já existe desde 2011 para uva, sendo recentemente adaptado para maçã, morango e pêsego, cobrindo os principais distúrbios que ocorrem nessas, que são as principais culturas de fruteiras de clima temperado. Entretanto, pragas secundárias podem aumentar de importância e impacto e novos patógenos podem vir a ser introduzidos no ambiente. Por esse motivo, é necessária uma atualização constante dos sistemas de diagnóstico, para ampliar a sua abrangência sempre que necessário.

O Uzum pode ser adaptado a outras culturas agropecuárias, como frutíferas, hortaliças, plantas de lavoura, espécies florestais e até produção animal. Para isso, é fundamental compreender como funciona a base de conhecimento por trás do sistema. Este documento explica em detalhes os componentes dessa base e descreve os passos necessários para criar e manter bases de conhecimento do Uzum, facilitando a atualização dos sistemas existentes e o desenvolvimento para outras culturas.

Jose Fernando da Silva Protas
Chefe Geral da Embrapa Uva e Vinho

Sumário

Introdução.....	8
Bases de conhecimento do Uzum.....	8
Material e informações necessárias.....	9
Nome.....	9
Texto.....	10
Referências.....	11
Fotografias.....	12
Legendas e autor.....	12
Lista de sintomas e probabilidades.....	13
Processamento das informações.....	15
Processamento das imagens.....	15
Formatação do texto.....	23
Regras da base de conhecimento.....	25
Variáveis para regras do tipo ' <i>sintoma</i> '.....	26
Variáveis para regras do tipo ' <i>distúrbio</i> '.....	29
Teste da base de conhecimento.....	30
Incorporação da base de conhecimento no Uzum.....	33
Considerações finais.....	33
Referências.....	34

Introdução

O uso da inteligência artificial na agricultura possibilita o desenvolvimento de ferramentas que auxiliam no processo de tomada de decisão. Uma aplicação prática é a possibilidade de rapidamente realizar o diagnóstico de eventuais problemas que ocorrem nas culturas, agilizando a sua resolução e minimizando o seu impacto na produção. Uma das técnicas de inteligência artificial que pode ser usada nesse tipo de solução é a construção de sistemas especialistas, que reúnem o conhecimento de profissionais especializados em diferentes áreas e o incorpora a um software, permitindo que um universo maior de pessoas possa dele usufruir.

O sistema especialista Uzum (Fialho et al., 2012) foi desenvolvido com a finalidade de realizar o diagnóstico rápido de doenças, pragas e outros distúrbios fisiológicos em fruteiras de clima temperado. Ele está disponível de forma livre e gratuita para as culturas da uva, maçã, morango e pêssego, podendo ser executado via web, no endereço <https://www.cnpuv.embrapa.br/uzum>. Os sistemas também foram implementados na forma de aplicativos Android, que podem ser instalados em celulares e tablets, possibilitando o seu uso off-line.

Para as quatro culturas, é utilizado o mesmo mecanismo de inferência, o núcleo central do sistema especialista, que guia o usuário através de uma série de perguntas, até chegar a um diagnóstico. Esse mecanismo processa as informações recebidas do usuário e aplica as regras de uma base de conhecimento para calcular probabilidades relacionadas a cada um dos possíveis distúrbios, com base nos sintomas identificados pelo usuário. A diferença entre os sistemas é que cada um utiliza uma base de conhecimento diferente, construída por especialistas de diversas áreas para a respectiva cultura.

As bases de conhecimento das diferentes culturas devem ser constantemente atualizadas, para incluir novos distúrbios que surgirem, refinar o diagnóstico e atualizar a informação disponível. É possível adaptar o Uzum para outras espécies, bastando para isso criar uma nova base de conhecimento contendo a descrição dos sintomas e distúrbios correspondentes na nova cultura.

Esta publicação tem o propósito de disponibilizar as informações necessárias para os interessados em criar novas bases de conhecimento para adaptar o Uzum a uma nova cultura, explicando em detalhes todas as etapas do processo.

Bases de conhecimento do Uzum

As bases de conhecimento do Uzum contêm toda a informação necessária para identificar sintomas e relacioná-los aos diferentes distúrbios (doenças, pragas, deficiências nutricionais e outros distúrbios fisiológicos) de cada cultura. O Uzum foi desenvolvido tendo como um dos requisitos a facilidade de adaptação para outros produtos agropecuários, de modo que a separação entre a base de conhecimento e o restante do software é muito bem delimitada.

Uma base de conhecimento é formada por três componentes distintos, sendo cada um deles fundamental para o bom funcionamento do sistema:

1. O conjunto de regras usadas no sistema especialista
2. As imagens dos sintomas
3. A descrição dos distúrbios e informações complementares

O primeiro componente define um conjunto de regras com as relações entre sintomas e distúrbios, que são usadas pelo sistema para realizar o diagnóstico e calcular probabilidades. Ele é implementado na forma de um arquivo texto, que define variáveis e seus valores. Cada regra possui um código que a identifica e uma lista de variáveis associadas que definem o seu comportamento. Há dois tipos de regras: regras de sintomas e regras de distúrbios.

As regras de sintomas definem perguntas a serem feitas ao usuário sobre os sintomas e as respectivas respostas possíveis. Cada resposta consiste num texto, que descreve um sintoma ou outra informação relevante, geralmente acompanhado por fotografias, e num valor numérico correspondente. Esse tipo de regra pode ter um ou mais testes associados, que permitem, em algumas situações, determinar o valor da resposta sem ter que fazer a pergunta ao usuário. Além disso, essas regras podem ser definidas como primárias ou secundárias. O sistema tenta priorizar as perguntas das regras primárias sempre que possível, só fazendo uma pergunta secundária se não houver mais perguntas primárias a serem feitas no momento.

As regras de distúrbios definem as probabilidades de associação de cada distúrbio com os sintomas definidos anteriormente. O mecanismo de inferência se encarrega de combinar as probabilidades, caso mais de um sintoma tenha sido detectado, e determinar a probabilidade final de ocorrência de cada distúrbio.

O segundo componente consiste nas imagens ilustrativas dos sintomas (geralmente fotografias) e suas legendas, utilizadas no sistema de diagnóstico em si, para ilustrar as possíveis respostas para cada pergunta. As mesmas imagens, possivelmente com legendas diferentes, são também usadas na descrição dos distúrbios, apresentada ao usuário após a conclusão do diagnóstico.

O terceiro componente consiste num conjunto de textos que descrevem os distúrbios, contendo uma descrição dos sintomas e formas de prevenção, controle e manejo, ilustrada com as imagens dos sintomas. Contém ainda uma lista de referências que podem ser acessadas para obter informações adicionais mais detalhadas sobre cada distúrbio, todas elas disponíveis para livre acesso na Internet.

A base de conhecimento de um sistema especialista, no sentido restrito, consiste apenas no conjunto de regras utilizado pelo mecanismo de inferência, que corresponde ao primeiro componente. Entretanto, para criar um sistema de diagnóstico para uma nova cultura, os três componentes são necessários e igualmente importantes. Assim, optou-se por chamar o conjunto de informações necessário para implantar o sistema Uzum de base de conhecimento, num sentido mais amplo.

Material e informações necessárias

As informações descritas a seguir são necessárias para incluir um distúrbio (doença, praga, deficiência nutricional ou outro distúrbio fisiológico) numa base de conhecimento do Uzum. Isso vale tanto para expandir as bases de conhecimento atuais quanto para criar uma nova base para uma cultura diferente.

Nome

O distúrbio a ser descrito deve ser nomeado corretamente, junto com o seu agente causal, quando for o caso. No caso de haver sinônimos, deve-se usar apenas os nomes mais comuns. É importante

não confundir sintomas com distúrbios. Por exemplo, a murcha de folhas é um sintoma, ao passo que a seca (deficiência hídrica) é um distúrbio.

Exemplos:

Míldio (*Plasmopara viticola*)

Mosca-das-frutas-sulamericana (*Anastrepha fraterculus*)

Deficiência de potássio

Granizo

Cochonilha-farinhenta (*Planococcus citri*, *Planococcus ficus*, *Pseudococcus longispinus*, *Pseudococcus viburni*)

Formiga-cortadeira: saúva (*Atta* spp.) e quen-quen (*Acromyrmex* spp.)

Cochonilha-parda ou cochonilha-do-ramo-novo (*Parthenolecanium persicae*)

Texto

Deve ser elaborado um texto descritivo do distúrbio, com o objetivo de auxiliar na confirmação da identificação e orientar sobre as medidas a serem tomadas caso o distúrbio seja identificado. Esse texto deve ser, preferencialmente, dividido em duas partes:

Sintomas (um a três parágrafos): Consiste na descrição dos sintomas que ocorrem nas diferentes partes da planta, causados pelo distúrbio. Devem ser explicadas também as condições em que o distúrbio ocorre e a forma com que os sintomas evoluem, bem como as causas do problema, suas possíveis consequências e quaisquer outras informações que possam ajudar na sua identificação.

Prevenção, controle e manejo (um a três parágrafos): Uma vez identificado o distúrbio, é importante orientar o produtor sobre o que pode ser feito para evitar que ele ocorra, como controlá-lo depois que estiver estabelecido, e quais medidas devem ser tomadas para lidar com os seus efeitos ou evitar que ele volte a ocorrer no futuro. Esse texto deve conter uma breve orientação ao produtor sobre essas questões.

Exemplo:

Herbicida (2,4-D ou Glifosato)

Sintomas

As videiras são muito sensíveis às derivas de herbicidas com ingredientes ativos do tipo 2,4-D e glifosato. Os sintomas destas derivas se refletem principalmente nas folhas novas e em formação ou expansão, apresentando um formato em forma de leque e com a marcação de nervuras mais cloróticas. As bordas e os espaços entre as nervuras destas folhas também apresentam grandes irregularidades ou rugosidades. As folhas mais velhas, em dosagens mais altas, podem se apresentar mais espessas, com clorose entre nervuras, com formato de seta e bordas enroladas para cima (glifosato) ou enroladas para baixo (2,4-D). Inflorescências em desenvolvimento também manifestam deformação e perdem a fertilidade. Os ramos do ano perdem a dominância apical e ativam a brotação de ramos

laterais (feminelas) com crescimento restrito, entrenós curtos e com folhas sintomáticas. Os primeiros sintomas de deriva destes herbicidas são visíveis no parreiral, em média, a partir de 3 dias após o incidente. Quando as derivas atingem diretamente as videiras no período entre brotação e desenvolvimento inicial da baga (chumbinho), causam também grandes perdas de produção no ciclo vigente. Nas pulverizações mais tardias, após a mudança de cor, estes herbicidas podem paralisar a evolução da maturação, comprometendo a qualidade da uva na colheita.

Prevenção, controle e manejo

Devido à grande sensibilidade das videiras às moléculas dos herbicidas 2,4-D e glifosato, deve-se evitar o uso destes produtos na área ou nas proximidades do parreiral. Implantação de lavouras com culturas anuais (ex.: soja) nas proximidades de parreirais devem ser evitadas. Caso não seja possível, deve-se investir em quebra-ventos para minimizar os efeitos de deriva destas lavouras. Além disso, aplicações em dias de vento, por avião ou com equipamentos mal regulados devem ser evitadas em função do potencial de formação de deriva. Nas pulverizações mais próximas dos parreirais, recomenda-se o uso de bicos com redução de desvio (por exemplo, proteção contra desvio ou tipos de indução de ar) que operam em pressão mais baixa (15 a 30 psi) e produzem gotas grandes e com menor probabilidade de deriva. Normalmente, as pulverizações que proporcionam gotículas com diâmetro menor que 150 micrômetros (0,15 milímetros) representam o maior risco de deriva e devem ser evitadas.

Referências

Após o diagnóstico de um distúrbio, é natural que o usuário busque mais informações a seu respeito. Apesar de informativos, os poucos parágrafos do texto que descreve cada problema frequentemente não são suficientes. Uma das vantagens do Uzum é permitir o fácil acesso a informações adicionais específicas sobre o problema em questão. Geralmente isso é feito com textos (publicações técnicas, artigos científicos, capítulos de livro, etc.), mas o Uzum permite acesso a qualquer tipo de mídia, como vídeos ou entrevistas em áudio.

Para complementar as informações fornecidas, devem ser identificadas pelo menos 3 ou 4 publicações (ou outras mídias) relevantes, disponíveis online, com informações mais detalhadas sobre o distúrbio, incluindo sintomas, prevenção, controle, manejo, etc. Deve-se listar a referência bibliográfica da publicação e o link para acesso direto via web. Preferencialmente, devem ser publicações técnicas (da Embrapa ou outras instituições), em formato PDF e em português, mas podem estar em outros formatos ou até em outra língua (inglês ou espanhol), desde que seja possível acessá-las pelo link.

Exemplos:

NAVES, R.L.; GARRIDO, L.R.; SÔNEGO, O.R.; FOCESATO, M. **Antracnose da videira: sintomatologia, epidemiologia e controle**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho (Circular Técnica, 69), 8p., 2006. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/541885/antracnose-da-videira-sintomatologia-epidemiologia-e-controle>

FAJARDO, T.M.V.; EIRAS, M. **Videira: Complexo do lenho rugoso da videira**. In: Guia de Sanidade Vegetal. São Paulo: Instituto Biológico, 2016. http://www.sica.bio.br/guiabiologico/busca_culturas_resultado_ok.php?Id=136

SILVA, V.C.P.; BOTTON, M.; PRADO, E.; OLIVEIRA, J.E.M. **Bioecologia, monitoramento e controle de cochonilhas farinhentas (Hemiptera: Pseudococcidae) na cultura da videira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, (Circular Técnica, 125), 20p., 2016. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1047279/bioecologia-monitoramento-e-controle-de-cochonilhas-farinhas-hemiptera-pseudococcidae-na-cultura-da-videira>.

Fotografias

Para ilustrar os sintomas descritos no texto e facilitar a identificação, deve-se produzir fotografias dos mesmos. Para uma boa visualização, cada sintoma em cada parte da planta, deve contar com, preferencialmente, três ou mais fotos diferentes, sendo o ideal em torno de cinco. As fotografias serão usadas em dois lugares: no sistema de identificação em si, em que o usuário responde as perguntas que tentam identificar os sintomas que ele observa no campo, e na página que descreve o distúrbio, que é apresentada ao usuário depois que foi feito o diagnóstico.

As imagens devem ter boa resolução (pelo menos 3 MP, mas de preferência 5 MP ou mais) e estar preferencialmente em formato JPEG ou PNG, mas é possível converter imagens de qualquer formato. Quanto à aparência das fotografias, é importante que o sintoma esteja em foco e bem iluminado. Uma boa forma de avaliar o foco é observando qual é a parte mais nítida da imagem: se não for o sintoma que se deseja mostrar, é sinal que o foco não está bom. Um fundo desfocado ajuda a destacar o sintoma, mas é melhor uma imagem toda nítida do que um sintoma ligeiramente fora de foco.

A foto não deve ser muito escura nem estourada (clara demais). É possível clarear ou escurecer as imagens durante o processamento, mas se as partes claras ficaram completamente brancas, não há o que fazer. O sintoma deve ser bem visível, com bom enquadramento. Uma folha, flor ou fruto com sintomas geralmente deve ser mostrada inteira. Preferencialmente, o fundo da fotografia não deve-se confundir com o objeto sendo fotografado. Por exemplo, uma folha não se destaca muito no meio de outras folhas, mas fica mais visível se o céu for usado como fundo. O sintoma deve ser bem nítido e as cores da imagem devem ser fiéis à realidade.

As imagens devem estar no formato e resolução originais e preferencialmente não terem sido editadas. Algumas falhas, como enquadramento, brilho, contraste, e orientação podem ser corrigidos posteriormente, durante a incorporação das imagens ao sistema. Preferencialmente, cada imagem deve estar num arquivo separado.

É muito importante que haja permissão legal para a utilização das imagens. Assim, NÃO devem ser utilizadas imagens retiradas da Internet, livros, revistas ou de outras fontes, bem como imagens de autores que não tenham expressamente permitido o seu uso.

Legendas e autor

Todas as imagens devem ser acompanhadas do nome completo do seu autor e de uma legenda que descreva com precisão o sintoma sendo apresentado. O texto da legenda deve incluir a parte da planta afetada (folha, flor, fruto, raiz, tronco, ramos, etc.), uma descrição sucinta do sintoma e o agente causal. Na página contendo o texto que descreve o distúrbio, a imagem será acompanhada da sua legenda na forma integral. Já dentro do sistema de identificação, o agente causal não deve

ser citado, para não influenciar o usuário no processo de escolha das respostas, devendo essa informação ser retirada do texto. Assim, a legenda deve ser elaborada de forma a facilitar essa edição. Nos exemplos abaixo, a parte em itálico será retirada da legenda no sistema de identificação, sendo incluída apenas no texto descritivo dos distúrbios.

Exemplos de legendas:

Bagas com manchas necróticas arredondadas, com os bordos mais claros (olho-de-passarinho), *causadas por antracnose*

Presença de pequenos ácaros (0,7 mm) vermelho-escuros na parte de baixo das folhas (*Ácaro vermelho europeu*)

Folhas com pouco limbo, enrugadas e enroladas para cima, às vezes em forma de seta, *devido a contaminação por herbicida*

Para facilitar o trabalho, é conveniente criar um arquivo texto listando uma imagem por linha, contendo o nome do arquivo, o nome completo do autor da imagem entre colchetes e a descrição da imagem, conforme o exemplo abaixo.

Exemplo de arquivo descrevendo imagens:

DSC00345.JPG [Fulano de Tal] Bagas com manchas necróticas arredondadas, com os bordos mais claros (olho-de-passarinho), causadas por antracnose

acarovermelho.png [Beltrano da Silva] Presença de pequenos ácaros (0,7 mm) vermelho-escuros na parte de baixo das folhas (Ácaro vermelho europeu)

Herbicida_0003.jpg [Fulana da Silva] Folhas com pouco limbo, enrugadas e enroladas para cima, às vezes em forma de seta, devido a contaminação por herbicida

Lista de sintomas e probabilidades

Além do texto e das fotografias, é necessário criar o conjunto de regras que forma a base de conhecimento usada pelo sistema de diagnóstico do Uzum. Para isso, o primeiro passo é elaborar uma lista dos sintomas de cada distúrbio, para ser inserida no sistema especialista. Cada sintoma de um distúrbio deve ser brevemente descrito (em apenas uma linha) e acompanhado da lista de imagens correspondentes. A descrição do sintoma pode e deve ser semelhante à legenda das imagens, descrita anteriormente. A diferença entre elas é que a descrição do sintoma é um pouco mais geral, não incluindo detalhes específicos de cada fotografia (cultivar, etc.) nem o nome do distúrbio, enquanto a legenda é específica para cada imagem e pode conter o nome do distúrbio. Assim como nas legendas das imagens, a descrição dos sintomas deve sempre incluir a parte da planta afetada. A lista de sintomas deve ser coerente com o texto elaborado anteriormente, devendo haver pelo menos uma descrição de sintoma para cada parte da planta significativamente afetada.

Junto com essa lista de sintomas, deve haver um valor de probabilidade de associação entre cada sintoma e o distúrbio correspondente, que o Uzum utiliza para calcular as probabilidades de ocorrência dos problemas. É possível que o mesmo sintoma esteja associado a mais de um distúrbio

(por exemplo, morte de plantas pode ter 20% de associação com filoxera, 20% com pérola-da terra, 30% com fusariose, 20% com pé-preto, 20% com esca, 10% com excesso de água, etc.).

O valor da probabilidade de associação pode variar entre -100% e +100%. Como esperado, valores positivos significam que o sintoma é um indicativo da presença do distúrbio. Valores negativos, por sua vez, significam que um sintoma contribui para eliminar o distúrbio da lista de prováveis causas. Por exemplo, a associação entre vigor excessivo e deficiência de nitrogênio deve ser negativa, pois a falta de nitrogênio diminui o vigor da planta. Nesse valor, deve ser considerada a possibilidade do usuário avaliar incorretamente a presença de um sintoma, bem como a efetiva probabilidade de associação. Assim, os valores nunca devem chegar a 100%, pois sempre existe alguma chance de erro humano.

A lista completa de sintomas deve incluir a descrição do sintoma, a lista de imagens e a probabilidade de associação entre o sintoma e o distúrbio. O exemplo abaixo mostra como colocar toda a informação necessária no formato adequado.

Exemplo de arquivo descrevendo os sintomas de um distúrbio:

Antracnose

60% Bagas com manchas necróticas arredondadas, com os bordos mais claros (olho-de-passarinho) [baga_antracnose_1.jpg, DSC00348.JPG, Antracnose_2.png]

20% Folhas jovens com pequenas manchas circulares, castanho-escuras, podendo estar perfuradas [mancha_folha_antracnose.jpg, DSC00345.JPG, IMG0021.JPEG]

30% Ramos, brotos e gavinhas com lesões (cancros) arredondadas de bordas negras e centro claro [ramo_mancha_antracnose_1.jpg, ramo_mancha_antracnose_2.jpg, ramo_mancha_antracnose_3.jpg, ramo_mancha_antracnose_4.jpg, ramo_mancha_antracnose_5.jpg]

40% Brotos com lesões castanhas e aspecto de queimados [broto_lesao_antracnose_1.jpg, broto_lesao_antracnose_2.jpg]

40% Folhas enrugadas e encarquilhadas em torno de pontos de necrose [folha_necrose_antracnose_1.jpg, ramo_mancha_antracnose_4.jpg, broto_lesao_antracnose_1.jpg, folha_deforma_antracnose.jpg]

20% Pecíolo da folha com lesões (cancros) arredondadas de bordas negras e centro claro [broto_lesao_antracnose_1.jpg, ramo_mancha_antracnose_4.jpg, folha_peciollo_antracnose.jpg]

20% Inflorescência seca, em que botões florais escurecem e caem [flor_seca_antracnose_1.jpg, flor_seca_antracnose.jpg]

Processamento das informações

Uma vez reunidas as imagens e demais informações necessárias, é possível organizar e processar o material, de forma a gerar a base de conhecimento do sistema Uzum para a cultura em questão. O sistema Uzum utiliza uma estrutura de diretórios específica para organizar os arquivos da base de conhecimento:

```
uzum
uzum/kb
uzum/kb/CULTURA
uzum/kb/CULTURA/html
uzum/kb/CULTURA/img
```

O diretório 'uzum' é o diretório principal, que contém todos os arquivos e diretórios que compõem o sistema. O diretório 'uzum/kb' contém as bases de conhecimento. Para cada cultura, existe um diretório 'uzum/kb/CULTURA' correspondente, em que 'CULTURA' deve ser substituído pelo nome do produto, sem acentos: uzum/kb/uva, uzum/kb/maca, uzum/kb/morango, uzum/kb/pessegue, etc. Dentro de cada um desses, há um diretório 'html', que contém as páginas que descrevem cada um dos distúrbios, e um diretório 'img', que contém as fotografias originais dos sintomas. Além deles, há também um arquivo chamado 'imagem.txt', que descreve como as imagens devem ser processadas, e um arquivo chamado 'kbase.uzum', que contém as regras da base de conhecimento.

Esses dois arquivos e dois diretórios formam a base de conhecimento do sistema Uzum para uma cultura. O sistema Uzum foi desenvolvido em plataforma Linux, e todas as orientações desse guia são para esse sistema. No entanto, outras plataformas também podem ser utilizadas sem problemas, podendo ser necessários ajustes mínimos em algumas questões pontuais (por exemplo, o sistema Windows usa barra invertida '\' ao invés da barra normal '/' para separar diretórios). A seguir, são descritos os passos necessário para processar as imagens e informações e criar os arquivos necessários para gerar o sistema.

Primeiramente, deve-se atribuir um código para cada distúrbio, preferencialmente curto, formado apenas por letras minúsculas não acentuadas, números e o caractere de sublinhado ('_'). Exemplos de códigos adequados são 'filoxera', para filoxera, 'defic_mn', para deficiência de manganês, e 'pod_mole', para podridão mole. Esse código será usado no nome de arquivos e nas regras da base de conhecimento.

Processamento das imagens

Um dos componentes da base de conhecimento é o conjunto de imagens que ilustram os sintomas dos diferentes distúrbios. A forma de organizar essas imagens para incorporá-las ao sistema Uzum é descrita a seguir.

Para cada distúrbio de cada cultura, deve ser criado um novo diretório dentro de 'uzum/kb/CULTURA/img', dentro dos quais serão armazenadas as imagens originais correspondentes. Caso a mesma imagem seja usada por mais de um distúrbio, é suficiente que se copie o arquivo da imagem apenas uma vez, para o diretório de somente um dos distúrbios. As imagens podem ter qualquer nome e estar em qualquer formato, preferencialmente usando as imagens originais na melhor resolução possível.

Para facilitar o processamento, convencionou-se que os subdiretórios de **'img'** devem seguir o padrão **'DISTURBIO_AUTOR'**, em que **'DISTURBIO'** é o código do distúrbio e **'AUTOR'** é uma identificação do responsável pela informação, contendo apenas letras minúsculas (exemplo: filoxera_fulano, defic_mn_beltrano, pod_mole_fulana, etc.). Dentro de cada um desses diretórios, devem estar as imagens originais, podendo haver outros arquivos auxiliares, não utilizados diretamente no sistema. O nome de todos arquivos pode ser formado por letras não acentuadas (maiúsculas ou minúsculas), números e os caracteres ponto ('.'), hífen ('-') e sublinhado ('_'), não devendo conter quaisquer outros caracteres.

No processamento, os originais serão convertidos em imagens adequadas para uso no sistema. Na conversão, as imagens muito grandes são reduzidas a um tamanho de, no máximo, 960 pixels de altura e largura. Entretanto, é importante manter as imagens originais, pois esse valor pode vir a ser modificado no futuro.

Antes da adequação do tamanho, as imagens podem ser ajustadas de diversas formas (recortadas, giradas, ajustadas em brilho e contraste, etc.). No processamento, as imagens também são renomeadas, de forma a terem uma nomenclatura padronizada, para poderem ser facilmente referenciadas no sistema.

Todos esses ajustes são controlados através de um arquivo texto denominado **'imagens.txt'**, que deve estar presente no diretório **'uzum/kb/CULTURA'**. Cada linha desse arquivo começa com o nome do diretório e arquivo uma imagem original (separados por uma barra), seguido por um ou mais espaços e o nome do arquivo da nova imagem, sem a extensão **'.jpg'**. Este novo nome deve seguir o padrão **'DISTURBIO_NX'**, em que **'DISTURBIO'** deve ser substituído pelo código do distúrbio, **'N'** é um número inteiro ($N = 1, 2, 3...$) correspondente à imagem original e **'X'** é uma letra opcional ($X = a, b, c...$). O número da imagem deve seguir uma ordem numérica sequencial e a letra opcional é utilizada quando mais de uma imagem é gerada a partir de um mesmo arquivo original (se ele contém duas ou mais fotografias na mesma imagem). Por exemplo, as linhas correspondentes às imagens para antracnose e filoxera podem ser:

antracnose_fulano/brotos_lesao.jpg	antracnose_18
antracnose_fulano/flores_secas.jpg	antracnose_20
antracnose_fulano/antracnose.jpg	antracnose_9
antracnose_fulano/bagas_com_manchas_escuras.jpg	antracnose_2
antracnose_fulano/antracnose_folhas_encarquilhadas.jpg	antracnose_14
antracnose_fulano/antracnose_folhas_jovens.jpg	antracnose_7
filoxera_beltrano/filoxera1.png	filoxera_1
filoxera_beltrano/DSC00053.JPG	filoxera_2
filoxera_beltrano/FOT0004.png	filoxera_3
filoxera_beltrano/filoxera2.jpg	filoxera_4a
filoxera_beltrano/filoxera2.jpg	filoxera_4b
filoxera_beltrano/filoxera2.jpg	filoxera_4c

Ao gerar o sistema, cada uma das imagens é processada com o software ImageMagick, disponível em <https://imagemagick.org/>, que possui diversas funcionalidades para transformar imagens (ImageMagick, 2020a). Para ajustar uma imagem, deve-se adicionar os comandos necessários ao final da linha correspondente no arquivo **'imagens.txt'**, separados por espaços. Por exemplo, para recortar uma imagem, pode-se usar o comando **'-crop'**, de forma que a imagem final seja apenas a porção compreendida entre as coordenadas (800,200) e (2000,1000) da imagem:

```
filoxera/DSC00053.JPG  filoxera_2  -crop 1200x800+800+200
```

Os comandos mais comuns do ImageMagick são descritos a seguir.

-crop *LARGURA*x*ALTURA*+*X*+*Y*

Recorta a imagem para ficar com a largura e altura especificadas, iniciando nas coordenadas *X* e *Y*. A coordenada (0, 0) fica no canto superior esquerdo. O comando abaixo recorta a imagem entre as coordenadas (576, 0) e (2176, 2400), deixando-a com o tamanho final de 1600 x 2400 (Figura 1).

```
-crop 1600x2400+576+0
```



Foto: Thor Vinicius Martins Fajardo

Figura 1. Resultado (direita) da aplicação do comando 'crop' na figura original (esquerda)

Ao recortar uma imagem, o ideal é que as dimensões finais sejam múltiplos de 8, devido à forma em que o algoritmo de compressão JPEG funciona. Combinando essa condição com a redução de imagens grandes, recomenda-se que a imagem seja cortada para valores múltiplos de 8 em que a razão entre a maior e menor dimensão seja uma das seguintes: 1:1, 10:9, 6:5, 5:4, 4:3, 3:2, 8:5, 5:3, 15:8, 2:1, 15:7, 12:5, 5:2, 8:3 ou 3:1.

-rotate *GRAUS*

Gira a imagem um determinado número de graus, no sentido do relógio. O comando abaixo gira a imagem 90° no sentido do relógio (Figura 2).

```
-rotate 90
```

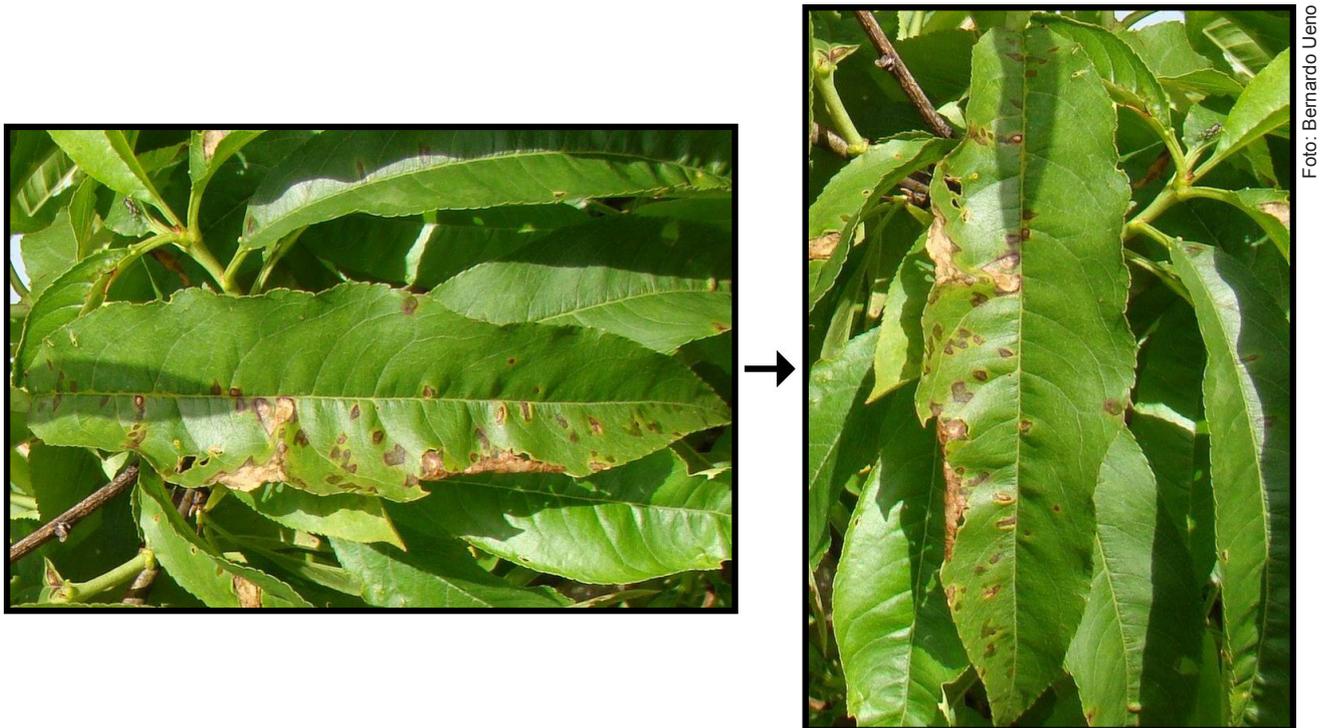


Figura 2. Resultado (direita) da aplicação do comando 'rotate' na figura original (esquerda)

-auto-orient

Ajusta a orientação da imagem. Algumas câmeras e celulares, ao invés de armazenar as imagens na orientação correta, o fazem sempre na mesma orientação, e registram informação nos metadados do arquivo sobre se elas devem ser rotacionadas ou não ao serem exibidas. Isso pode causar problemas no processamento com alguns softwares, e recomenda-se que o problema seja corrigido antes de realizar outras operações na imagem. Nesse caso, pode ser necessário usar esse comando antes de todos os demais. Assim, uma linha no arquivo 'imagem.txt' com os comandos '-auto-orient' e '-crop' ficaria no formato abaixo.

```
esca_fulano/DSC00251.JPG  esca_2  -auto-orient -crop 1200x800+240+0
```

Dentre outros métodos, é possível detectar se uma imagem necessita do comando '-auto-orient' através do programa 'file', que detecta o formato de um determinado arquivo. Caso a descrição do arquivo fornecida por esse programa contenha o texto 'orientation=' e o seu valor for diferente de 'orientation=upper-left', o comando '-auto-orient' deve ser utilizado.

-flop

Reflete a imagem ao longo do eixo Y, como num espelho posicionado ao lado da imagem, conforme o exemplo da figura 3.

-flop



Foto: Gilberto Nava

Figura 3. Resultado (direita) da aplicação do comando 'flop' na figura original (esquerda)

-flip

Reflete a imagem ao longo do eixo X, como num espelho posicionado acima da imagem, conforme o exemplo da figura 4.

-flip



Foto: Gilberto Nava

Figura 4. Resultado (direita) da aplicação do comando 'flip' na figura original (esquerda)

Nota-se que o uso dos dois comandos anteriormente simultaneamente '-flip -flop' equivale a girar a imagem com o comando '-rotate 180'.

-brightness-contrast *BRILHOxCONTRASTE*

Ajusta o brilho e contraste da imagem. Os valores de brilho e contraste variam entre -100 e 100, sendo que o valor 0 não altera a variável em questão. Assim, pode-se alterar apenas o brilho, apenas o contraste ou ambos. No exemplo abaixo, a primeira linha diminui o contraste em 30%, a segunda diminui o brilho 20% e a terceira aumenta simultaneamente o brilho em 20% e o contraste em 30% (Figura 5).

`-brightness-contrast 0x-30`

`-brightness-contrast -20x0`

`-brightness-contrast 20x30`

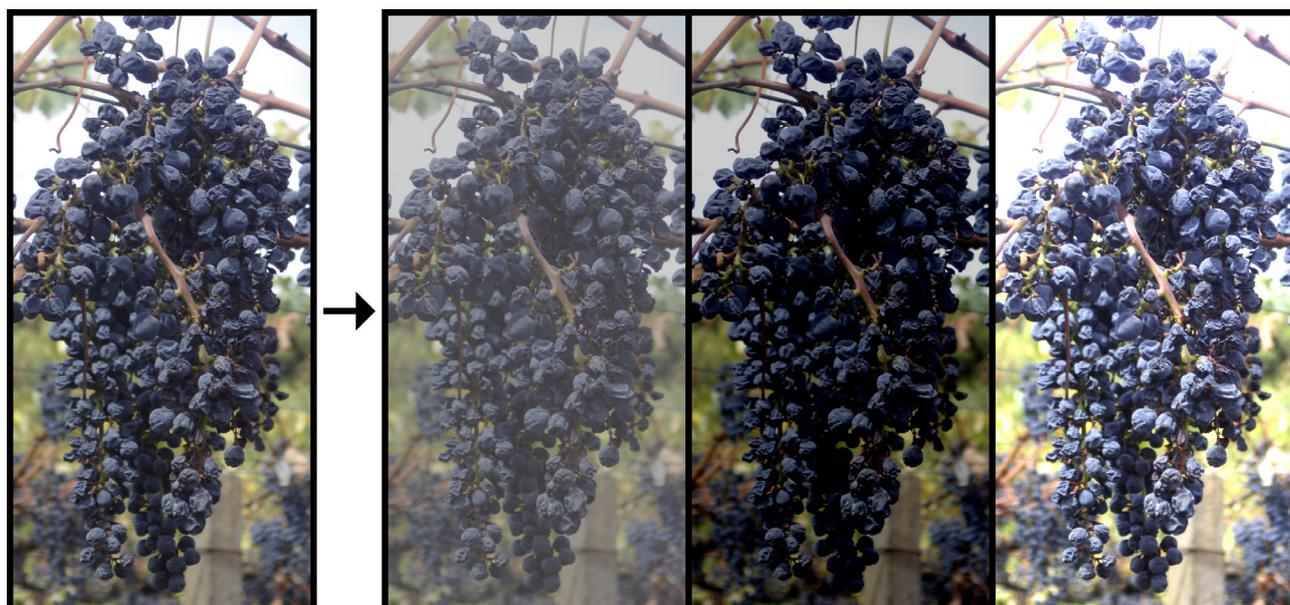


Figura 5. Resultados (direita) da aplicação dos comandos 'brightness-contrast' (0, -30; -20, 0; 20, 30) na figura original (esquerda)

-level *PRETO,BRANCO,GAMA*

Ajusta os níveis de preto (padrão = 0%), branco (padrão = 100%), e meio-tom (padrão = 1.0) da imagem, aplicando uma correção gama. Por exemplo, para manter o branco e o preto como estão, mas escurecer as cores intermediárias (corrigindo uma imagem estourada, em que o excesso de luz deixou a imagem esbranquiçada), pode-se usar o comando abaixo, em que o preto continua preto, o branco continua branco, mas as cores intermediárias são escurecidas pelo valor de gama menor que 1 (Figura 6). Nota-se que é necessário usar ponto ao invés de vírgula como separador decimal, e que a vírgula é usada para separar os parâmetros.

`-level 0%,100%,0.4`

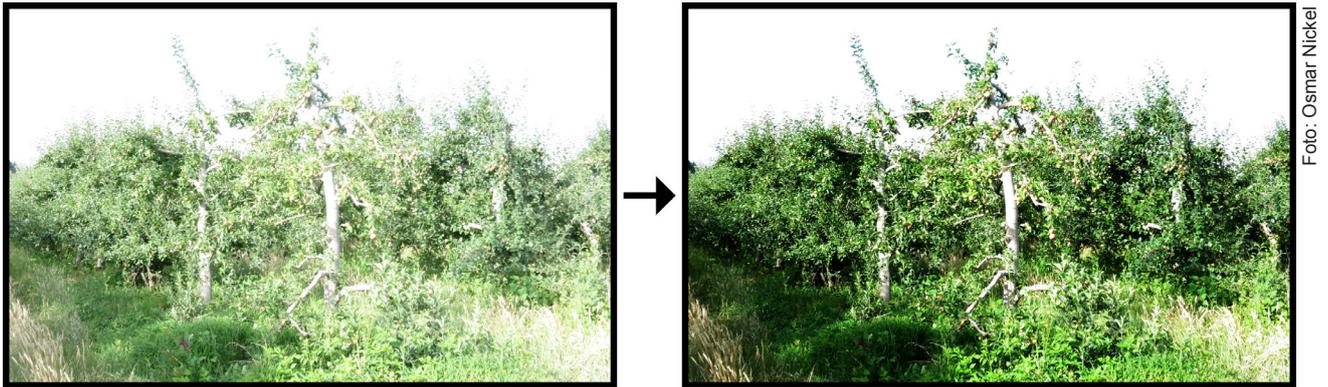


Foto: Osmar Nickel

Figura 6. Resultado (direita) da aplicação do comando 'level' (0%,100%,0.4) na figura original (esquerda)

Outras situações

É possível extrair mais de uma imagem a partir da mesma imagem original, colocando no arquivo 'imagens.txt' uma linha separada para cada imagem que se queira extrair, repetindo o nome do arquivo original e usando diferentes nomes e diferentes comandos para as novas imagens:

```

antracnose_fulano/DSC02056.JPG    antracnose_5a    -crop 672x560+12+0
antracnose_fulano/DSC02056.JPG    antracnose_5b    -crop 672x560+784+4
antracnose_fulano/DSC02056.JPG    antracnose_5c    -crop 624x520+112+612
antracnose_fulano/DSC02056.JPG    antracnose_5d    -crop 624x520+848+608
    
```

No exemplo acima, são extraídas quatro imagens separadas a partir da mesma imagem inicial, como mostrado na Figura 7.

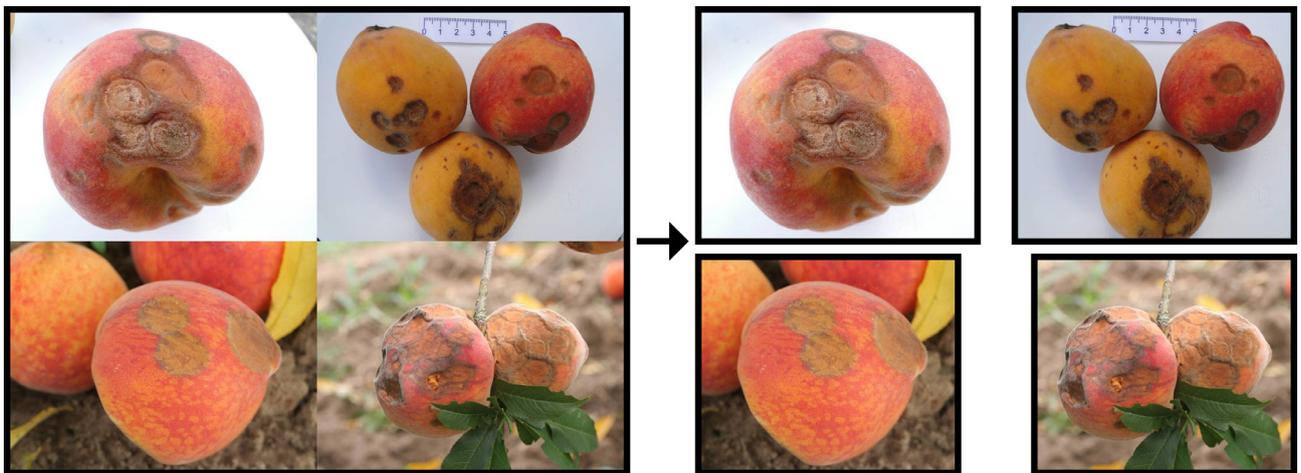


Foto: Bernardo Ueno

Figura 7. Resultado (direita) da aplicação, em quatro partes, do comando 'crop' na figura original (esquerda)

Além dos comandos citados, muitos outros estão disponíveis. Usando a criatividade, é possível combinar comandos de forma a obter resultados bastante interessantes. Por exemplo, é possível mover uma parte da imagem para outro lugar, usando algo semelhante ao comando abaixo.

```
( +clone -crop 376x88+1496+32 -repage +1000+400 ) -flatten -crop  
928x928+648+272
```

Esse comando cria uma cópia da imagem, recorta um determinado pedaço, move ele para outro lugar da imagem, combina com a imagem original e depois recorta a imagem final. O resultado é mostrado na Figura 8, em que a legenda foi deslocada para perto do nematoide antes da imagem ser recortada:

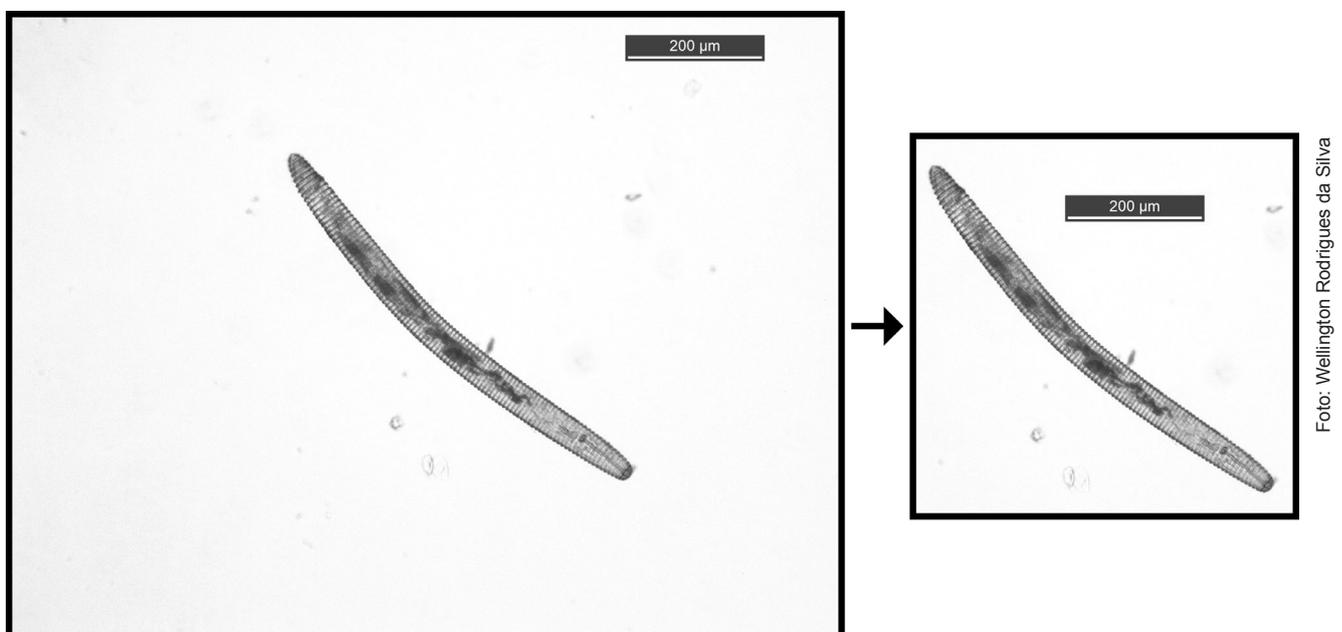


Figura 8. Resultado (direita) da aplicação de comando composto na figura original (esquerda)

Existem ainda muitos outros comandos do ImageMagick disponíveis para serem utilizados (ImageMagick, 2020b). A lista completa e a documentação sobre o seu uso está disponível online em <https://imagemagick.org/script/command-line-options.php>. Com a combinação de diferentes comandos, as possibilidades são ilimitadas. A vantagem de manter a lista de comandos nessa forma, ao invés de editar diretamente a imagem, é que o arquivo original não é alterado, mantendo a sua qualidade original e permitindo, se necessário, processar a imagem de forma diferente no futuro.

Formatação do texto

Outro componente da base de conhecimento é o conjunto de textos que descrevem os distúrbios. O formato e conteúdo dos arquivos contendo as informações relativas a cada distúrbio é descrito a seguir.

O texto descritivo de cada distúrbio deve ser formatado num arquivo HTML (WHATWG, 2020) individual, criado dentro do diretório 'uzum/kb/*CULTURA*/html'. O nome desse arquivo deve ser '*DISTURBIO*.html', em que '*DISTURBIO*' deve ser substituído pelo código do distúrbio, definido anteriormente. O conteúdo desse arquivo inicialmente deverá seguir o modelo a seguir.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<meta charset="utf-8">
<meta name="application-name" content="Uzum-CULTURA1">
<meta name="author" content="AUTOR">
<meta name="description" content="Sistema especialista para diagnóstico de
doenças, pragas e distúrbios fisiológicos em CULTURA2">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
<link rel="icon" type="image/png" href="uzum_CULTURA3.png"/>
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="uzum.css">
<script>
var uzumFullTitle = "UZUM CULTURA1 - Sistema especialista para diagnóstico
de doenças, pragas e distúrbios fisiológicos em CULTURA2";
var uzumLogo = "uzum_CULTURA3";
var uzumEmbrapaLink = "LINK";
</script>
<script src="uzum.js"></script>
<title>NOME1</title>
</head>
<body>
<h1>NOME2</h1>
<h2>Sintomas</h2>
<p>TEXT01</p>
<h2>Prevenção, controle e manejo</h2>
<p>TEXT02</p>
<h2>Informações adicionais</h2>
<ul>
<li>R_AUTORES. <b>R_TITULOR_REFERENCIA. <a href="R_LINK1">R_LINK2</
a></li>
</ul>
<h2>Imagens</h2>

</body>
</html>
```

Nesse modelo, os itens em destaque (maiúsculo, negrito e itálico) devem ser substituídos pelo valor correspondente. Os itens '*CULTURA1*', '*CULTURA2*' e '*CULTURA3*', devem ser substituídos pelo nome da cultura, mas de maneira diferente e cada um. O valor de '*CULTURA1*' deve ser o nome

do produto, com acentos e a primeira letra em maiúscula (Uva, Maçã, Morango, Pêssego, etc.). O valor de 'CULTURA2' deve ser o nome das plantas, no plural, com acentos e a primeira letra em minúscula (videiras, macieiras, morangueiros, pessegueiros, etc.). Já o valor de 'CULTURA3' deve ser o nome do produto, sem acentos e a primeira letra em minúscula (uva, maca, morango, pessego, etc.).

O item 'AUTOR' deve ser substituído pelo nome completo do autor do texto ou lista de autores, separados por vírgula, no caso de haver mais que um. O item 'LINK' deve ser substituído por um link para a página da Embrapa que descreve o sistema Uzun para a cultura em questão (por exemplo, para a uva, esse link é <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/5419/uzumwebuva---uzum-web-uva>). Os itens 'NOME1' e 'NOME2' devem ser substituídos pelo nome do distúrbio, sendo que 'NOME1' é um nome abreviado (exemplo: "Cochonilha-do-tronco") e 'NOME2' é o nome completo, incluindo o nome do agente causal entre parênteses, podendo conter marcadores HTML para formatação (exemplo: "Cochonilha-do-tronco (<i>Hemiberlesia lataniae</i> e <i>Duplaspidiodus tesseractus</i>)", em que os nomes científicos foram marcados em itálico com o tag "<i>").

No exemplo, o texto foi dividido em duas seções, denominadas "Sintomas" e "Prevenção, controle e manejo". O texto correspondente a cada uma dessas seções, representado por 'TEXTO1' e 'TEXTO2', deve ser substituído pelos respectivos textos fornecidos pelos autores, formatados usando marcadores HTML, se necessário. Entretanto, as seções não precisam obrigatoriamente serem essas duas, podendo a divisão do texto em seções ficar a cargo de cada autor.

Após o texto, na seção de "Informações adicionais", deve ser fornecida a lista de referências e respectivos links, cada uma formatada como um item da lista, de forma semelhante a uma referência bibliográfica. A lista do exemplo contém somente um item, mas a lista real deve conter, preferencialmente, três a cinco referências relevantes, substituindo, em cada uma, 'R_AUTORES' pelo nome dos autores (em letras maiúsculas e separados por ponto-e-vírgula), 'R_TITULO' pelo título do trabalho e 'R_REFERENCIA' pela referência bibliográfica.

O link que aponta para o endereço da publicação na Internet deve ser inserido no lugar de 'R_LINK1' e 'R_LINK2'. É comum que esses dois links sejam iguais, mas há várias situações em que é conveniente que eles sejam diferentes. Por convenção, o link preferencial para artigos científicos é feito através do DOI (Digital Object Identifier), que geralmente aponta para uma página contendo informações sobre o artigo, dentre as quais pode haver um link para o artigo em formato PDF. Por exemplo, um dos artigos citados possui o DOI 10.1590/1413-70542018424014618, que identifica o trabalho de forma única. A página principal do artigo pode ser acessada através do endereço <https://doi.org/10.1590/1413-70542018424014618>. Nessa página, existe um link que aponta para o artigo em formato PDF (no caso, o endereço <https://www.scielo.br/pdf/cagro/v42n4/1981-1829-cagro-42-04-364.pdf>). Nesse caso, deve-se colocar esse link para o arquivo PDF no lugar de 'R_LINK1' e o link contendo o DOI em 'R_LINK2'. Assim, ao imprimir a página, o endereço principal do DOI é o que irá aparecer. No entanto, ao clicar no link, o usuário irá diretamente para o artigo em PDF. Nas referências para publicações da Embrapa, o link apresentado é o da página de busca da Embrapa ('R_LINK2' aponta para um endereço em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/>), mas o sistema utiliza o link para o arquivo PDF armazenado no sistema Ainfo ('R_LINK1' aponta para um endereço em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/>). Outro exemplo de situação em que os dois links diferem ocorre quando o link utilizado ('R_LINK1') especifica a página na qual um arquivo PDF deve ser aberto (usando '#page=N'), mas o link apresentado ('R_LINK2') não inclui essa informação.

A última seção da página é denominada “Imagens”, e contém as fotografias dos sintomas do distúrbio. Novamente, o exemplo mostra somente uma imagem, mas a lista real deve conter várias, incluídas como itens separados. Para cada imagem, ‘*I_ARQUIVO*’ deve ser substituído pelo nome do arquivo contendo a nova imagem, gerada após o processamento da imagem original, seguindo o padrão ‘*DISTURBIO_NX*’ descrito anteriormente. Além disso, ‘*I_LEGENDA*’ deve ser substituído pela legenda da imagem e ‘*I_AUTOR*’ pelo nome do autor da fotografia.

Regras da base de conhecimento

As regras da base de conhecimento do Uzum são estabelecidas no arquivo ‘**kbase.uzum**’, que deve estar presente no diretório ‘uzum/kb/*CULTURA*’. Essas regras são utilizadas pelo mecanismo de inferência para definir quais perguntas vão ser feitas ao usuário e como as respostas serão interpretadas. O Uzum calcula a probabilidade de ocorrência de cada distúrbio com base nas respostas do usuário a uma série de perguntas. Dependendo das respostas do usuário, o sistema vai ajustando as perguntas seguintes, de forma a chegar a um diagnóstico o mais rapidamente possível.

A partir do material coletado conforme descrito anteriormente, é possível gerar a base de conhecimento necessária para gerar o sistema Uzum para uma determinada cultura. No sistema Uzum, essa base é implementada na forma de um arquivo texto, num formato de fácil interpretação para humanos. Ao compilar o software, esse arquivo é processado e as regras são transformadas em segmentos de código, que são incorporados ao restante do programa. É importante compreender bem o formato desse arquivo, para poder gerar uma base de conhecimento que resulte num sistema que funcione adequadamente.

Cada linha do arquivo da base de conhecimento define o valor de uma variável, na forma:

VARIÁVEL = VALOR

Linhas em branco são ignoradas, bem como linhas que começam com o caractere ‘#’, usado para incluir comentários. Os nomes possíveis para as variáveis são ‘**IMAGEM**’, ‘**PERGUNTA**’, ‘**PROB**’, ‘**REGRA**’, ‘**RESPONSAVEL**’, ‘**RESPOSTA**’, ‘**SECUNDARIA**’, ‘**TESTE**’, ‘**TITULO**’ e ‘**VALOR**’. Variáveis com outros nomes são ignoradas.

Cada regra deve ter um nome distinto, que consiste no código do distúrbio descrito anteriormente: uma única palavra, iniciando com uma letra minúscula e contendo apenas letras minúsculas, o caractere de sublinhado (“_”) e números (não são permitidos espaços, letras acentuadas ou outros caracteres). As regras são definidas uma por vez, sequencialmente, no arquivo texto.

As regras se dividem em dois tipos: regras que definem perguntas a respeito dos sintomas (tipo ‘*sintoma*’) e regras que definem distúrbios (tipo ‘*distúrbio*’). Cada tipo tem um conjunto diferente de variáveis possíveis, que devem ser definidas logo depois do nome da regra. O significado de cada variável e o contexto em que elas devem ser definidas é descrito a seguir.

REGRA = *nome*

Cada regra inicia com a variável ‘**REGRA**’, que define o seu nome. Todas as variáveis seguintes, antes da próxima variável ‘**REGRA**’, dizem respeito àquela regra. Um exemplo de definição do nome de uma regra é:

REGRA = folha_clorose

Variáveis para regras do tipo ‘*sintoma*’

As regras do tipo ‘*sintoma*’ podem conter as variáveis ‘**IMAGEM**’, ‘**PERGUNTA**’, ‘**RESPOSTA**’, ‘**SECUNDARIA**’, ‘**TESTE**’ e ‘**VALOR**’.

PERGUNTA = *texto*

A variável ‘**PERGUNTA**’ contém o texto de uma pergunta que é apresentada ao usuário quando a regra é ativada, incluindo o ponto de interrogação final. Uma pergunta deve ser elaborada de modo que agrupe sintomas semelhantes de todos os distúrbios, permitindo ao usuário compará-los. Por exemplo, vários distúrbios causam clorose, porém a sua aparência pode ser diferente. A folha pode ficar completamente amarela ou ter manchas localizadas. O sintoma pode afetar predominantemente as folhas mais velhas ou as mais novas (ou talvez todas as folhas, indistintamente). As possíveis respostas permitirão diferenciar um sintoma do outro, mas cada regra deve conter uma única pergunta:

PERGUNTA = As folhas ou parte delas estão amareladas ou verde-claras?

REPOSTA = *texto*

A variável ‘**RESPOSTA**’ contém o texto de uma das respostas apresentadas ao usuário quando a regra é ativada. Cada regra do tipo ‘*sintoma*’ deve conter várias possíveis respostas, para que o usuário selecione a mais adequada. A lista de respostas para uma pergunta normalmente vem da lista de sintomas, elaborada previamente para os diferentes distúrbios. As respostas devem ser bem descritivas, para permitir ao usuário identificar as diferenças entre sintomas semelhantes.

Cada resposta deve ser seguida por uma definição da variável ‘**VALOR**’ e por zero ou mais definições da variável ‘**IMAGEM**’, que correspondem àquela pergunta. É importante que todas as possibilidades sejam apresentadas ao usuário, inclusive uma resposta do tipo ‘Não sei’ (essa resposta tem um valor especial, descrito a seguir, que permite ao sistema ignorar a pergunta, e geralmente é a última resposta da lista). Por exemplo, para a pergunta sobre as folhas estarem amareladas, algumas possíveis respostas são:

RESPOSTA = Não

RESPOSTA = Sim, folhas com manchas irregulares amarelas muito claras, com contorno bem definido em meio a partes da folha com coloração normal, às vezes mais concentrada numa das metades da folha

RESPOSTA = Sim, folhas com manchas verde claras ou amarelas, com a borda difusa e necrose no centro, causando deformações

RESPOSTA = Sim, folhas mais velhas completamente amareladas

RESPOSTA = Não sei

VALOR = *número*

A variável ‘**VALOR**’ define um valor numérico inteiro correspondente a uma resposta. Quando o usuário seleciona a resposta, o sistema atribui esse número (que deve ser diferente para cada resposta de uma mesma pergunta) ao valor da regra. O valor especial ‘**NA**’ deve ser usado no caso da resposta do tipo ‘Não sei’, e é usado pelo sistema para ignorar o resultado da pergunta. Uma única variável ‘**VALOR**’ deve ser definida para cada resposta, e a sua presença é obrigatória. O seu

valor será utilizado posteriormente, em testes definidos pelas variáveis **'TESTE'** e **'PROB'**. Alguns exemplos de valores possíveis são:

```
VALOR = 0
VALOR = 1
VALOR = 6
VALOR = NA
```

IMAGEM = *arquivo.jpg* [*autor*] *texto*

A variável **'IMAGEM'** define uma figura a ser mostrada para o usuário junto com uma das respostas de uma regra do tipo *'sintoma'*. Zero ou mais definições dessa variável devem vir imediatamente após a variável **'VALOR'**. O valor de uma variável **'IMAGEM'** deve conter o nome do arquivo contendo a imagem, no formato JPEG, um caractere abre-colchete (**'['**), o nome do autor da imagem, um caractere fecha-colchete (**']'**) e um texto com a descrição da imagem, que será usado na legenda. Essa informação é obtida da lista de legendas e autores das imagens, e não deve incluir informação sobre o agente causal. Por exemplo, uma das respostas pode ter três imagens associadas, que devem ser definidas em linhas separadas:

```
IMAGEM = mosaico_1.jpg [Fulano de Tal] Folhas com manchas irregulares amarelas muito claras, com contorno bem definido em meio a partes da folha com coloração normal
```

```
IMAGEM = mosaico_2.jpg [Fulano de Tal] Folhas com manchas irregulares amarelas claras, com contorno bem definido
```

```
IMAGEM = mosaico_3.jpg [Beltrano da Silva] Folhas com manchas irregulares amarelas muito claras, com contorno bem definido concentradas em um dos lados da folha
```

TESTE[*regra op valor*] = *número*

TESTE[*regra1 op1 valor1 E regra2 op2 valor2 ...*] = *número*

A variável **'TESTE'** define um teste a ser executado antes de fazer uma pergunta ao usuário. O resultado desse teste pode ser verdadeiro ou falso. Quando o sistema tenta determinar o valor de uma regra que ainda não foi respondida, ele primeiro executa os testes. Se um teste for verdadeiro, o sistema consegue definir o valor da regra sem precisar apresentar a pergunta. Se for falso, o sistema passa para o teste seguinte, até esgotar todos os testes da regra. Se forem todos falsos, é possível que a pergunta seja apresentada ao usuário, para que a resposta determine o valor da regra.

A linha que define essa variável deve vir entre a variável **'REGRA'** e a variável **'PERGUNTA'**, e pode haver zero ou mais testes para cada regra. O teste a ser executado é definido entre colchetes, logo após a palavra **'TESTE'**. Esse teste compara o valor atual de *'regra'* com *'valor'*, usando o operador *'op'*, que pode ser **'='** (igual a), **'!='** (diferente de), **'<'** (menor que), **'<='** (menor ou igual a), **'>'** (maior que) ou **'>='** (maior ou igual a). Caso o teste seja verdadeiro, a regra atual passará a ter o valor *'número'*, e a pergunta não será feita ao usuário.

Por exemplo, se o sistema já detectou, por uma regra anterior, que não há problemas nas folhas (uma regra com nome *'folha_problema'* foi definida com valor *'0'*), não é necessário perguntar se as folhas estão amareladas (a resposta seria sempre *'Não'*, pois não há problemas nas folhas). Assim,

é possível criar um teste na regra 'folha_clorose' para definir que o seu valor será igual a '0' se o valor da regra 'folha_problema' também for '0', evitando assim uma pergunta desnecessária:

```
TESTE[folha_problema = 0] = 0
```

É possível testar duas ou mais condições no mesmo teste, definindo-os na expressão entre colchetes e separando-os pela palavra 'E'. Nesse caso, todos os testes devem ser verdadeiros para que a expressão seja verdadeira:

```
TESTE[folha_problema != 0 E planta_vigor > 3] = 2
```

Para testar mais de uma condição em que apenas uma delas precise ser verdadeira, basta definir dois testes separados, um em cada linha. No caso de mais de um teste, o primeiro da lista avaliado como verdadeiro define o valor final da regra.

SECUNDARIA

A variável '**SECUNDARIA**' não define um valor, mas é usada para estabelecer que uma determinada regra do tipo '*sintoma*' é uma regra secundária, bastando listar o nome da variável em uma linha da regra:

```
SECUNDARIA
```

Ao executar o sistema especialista, as perguntas das regras principais (não secundárias) são feitas antes das perguntas das regras secundárias. Isso permite que todas as perguntas a respeito de um determinado tema sejam feitas antes de explorar um tema diferente.

Por exemplo, é interessante que a primeira pergunta do sistema seja sobre o local na planta onde estão ocorrendo os principais sintomas (folhas, frutos, raízes, etc.). Pode-se criar uma regra secundária com a pergunta 'As folhas estão com problemas?', contendo um teste que define que o valor será 'Sim' se a resposta à primeira pergunta for 'Folhas'. Testes podem ser definidos para fazer com que todas as regras sobre problemas nas folhas dependam dessa regra secundária, o mesmo sendo feito para frutos, raízes, etc. Desse modo, se o sistema definir que o problema principal está nas folhas, ele irá detalhar todos os sintomas das folhas antes de perguntar se há problemas com outra parte da planta.

Exemplo de regra do tipo 'sintoma':

```
REGRA = folha_mofo
TESTE[folha_problema = 0] = 0
PERGUNTA = Existe mofo nas folhas?
RESPOSTA = Não
  VALOR = 0
RESPOSTA = Mofo branco por baixo da folha
  VALOR = 1
  IMAGEM = mildio_1.jpg [Fulano de Tal] Mofo branco sob a folha
  IMAGEM = mildio_2.jpg [Fulano de Tal] Mofo branco sob a folha
  IMAGEM = mildio_3.jpg [João das Neves] Mofo branco sob a folha
RESPOSTA = Pó cinza fino por cima da folha
  VALOR = 2
  IMAGEM = oidio_1.jpg [Fulana da Silva] Pó cinza fino sobre a folha
  IMAGEM = oidio_2.jpg [João das Neves] Pó cinza fino sobre a folha
```

```

RESPOSTA = Pó amarelo na face inferior da folha
VALOR = 6
IMAGEM = ferrugem_4.jpg [Fulana da Silva] Pó amarelo sob a folha
IMAGEM = ferrugem_6.jpg [Beltrano da Silva] Pó amarelo sob a folha
IMAGEM = ferrugem_7.jpg [Zé Silva] Pústulas amarelas sob a folha
RESPOSTA = Não consigo ter certeza
VALOR = NA

```

Variáveis para regras do tipo '*distúrbio*'

As regras do tipo '*distúrbio*' podem conter as variáveis '**PROB**', '**RESPONSAVEL**' e '**TITULO**'.

TITULO = *texto*

A variável '**TITULO**' define o nome de um *distúrbio*, a ser mostrado para o usuário ao final do diagnóstico, e deve estar presente em todas as regras do tipo '*distúrbio*'. Deve ser usado o mesmo nome completo do *distúrbio* que aparece no arquivo HTML, entre os *tags* <h1>. O nome pode conter marcadores HTML para formatação:

TITULO = Míldio (<i>Plasmopara viticola</i>)

RESPONSAVEL = *autor*

A variável '**RESPONSAVEL**' informa quem é o especialista responsável pela informação a respeito do *distúrbio*. Deve ser o mesmo autor que consta na página HTML do *distúrbio*:

RESPONSAVEL = Fulano de Tal

PROB[*regra op valor*] = *probabilidade*

PROB[*regra1 op1 valor1 E regra2 op2 valor2 ...*] = *probabilidade*

Regras do tipo '*distúrbio*' possuem uma probabilidade de ocorrência do *distúrbio*, que é inicialmente zero, mas pode variar entre -1 (-100%) e +1 (+100%). Valores positivos indicam a probabilidade do *distúrbio* estar ocorrendo, enquanto que valores negativos indicam que o *distúrbio* em questão não é a causa do problema. O valor +1 significa certeza absoluta que o *distúrbio* está ocorrendo, enquanto que o valor -1 significa certeza absoluta de que ele não está ocorrendo. As variáveis '**PROB**' definem testes a serem executados para calcular essa probabilidade, devendo haver um ou mais desses testes para cada regra do tipo '*distúrbio*'.

Os testes são semelhantes aos utilizados com a variável '**TESTE**' em regras do tipo '*sintoma*'. A diferença é que, quando a condição de teste for verdadeira, a probabilidade de associação entre o *distúrbio* e o sintoma definida pela variável '**PROB**' é combinada com a probabilidade atual de ocorrência do *distúrbio*, atualizando o seu valor. Os valores de probabilidade utilizados devem ser os definidos anteriormente na lista de sintomas, imagens e probabilidades:

```

PROB[baga_mancha = 3] = .6
PROB[folha_necrose = 3] = .2
PROB[ramo_mancha = 3] = .3
PROB[broto_lesao = 1] = .4
PROB[folha_deforma = 1] = .4
PROB[folha_peciolo = 2] = .2
PROB[flor_seca = 1] = .2

```

Quando duas probabilidades de ocorrência são combinadas, o sistema calcula a probabilidade final resultante pela fórmula:

$$P = (P1 + P2) / (P1 * P2 + 1)$$

Exemplo de regra do tipo 'distúrbio':

```
REGRA = ferrugem
TITULO = Ferrugem (<i>Phakopsora euvitidis</i>)
RESPONSAVEL = Fulano de Tal
PROB[folha_mofo = 6] = .7
PROB[folha_clorose = 6] = .3
PROB [folha_necrose = 6] = .3
```

Teste da base de conhecimento

No processo descrito anteriormente, várias condições são necessárias para assegurar que a base de conhecimento esteja num formato adequado para o processamento e que o sistema resultante funcione sem erros. Para ajudar a verificar se essas condições estão sendo cumpridas, uma série de testes é executada na base de conhecimento antes dela ser incorporada ao sistema Uzum. Esses testes foram implementados na forma de vários pequenos programas (um por teste) que analisam os arquivos e emitem mensagens de erro se for detectado algo fora do padrão. Cada um dos testes descritos a seguir processa todas as bases de conhecimento do Uzum de uma só vez. A ordem dos testes é importante, pois alguns testes só funcionam bem se o sistema passou nos testes anteriores. Assim, se um dos testes detectar erros em alguma das bases de conhecimento, os testes seguintes não serão executados enquanto os problemas não forem corrigidos.

Os testes da base de dados de uma determinada cultura são executados considerando como base o diretório 'uzum/kb/CULTURA'. Assim, todos os diretórios e arquivos mencionados a seguir são relativos a esse diretório. Por exemplo, todos os arquivos HTML correspondentes aos distúrbios estão no diretório 'uzum/kb/CULTURA/html'. Em alguns casos, os testes definem variáveis internas que armazenam uma lista de valores considerados válidos. Ao ampliar a base de conhecimento, pode ser necessário ajustar essas variáveis para incluir novos valores. Os testes não detectam todos os erros possíveis, mas permitem corrigir os mais comuns. No processamento das informações, os seguintes testes são realizados:

1. O nome de todos os diretórios dentro do diretório '**img**' devem conter apenas letras minúsculas não acentuadas, números e o caractere de sublinhado (que não pode estar repetido ou no início ou fim do nome). O nome de todos os arquivos no diretório '**img**' devem conter apenas letras minúsculas e maiúsculas não acentuadas, números e os caracteres de sublinhado, ponto e hífen (que não podem estar repetidos, um ao lado do outro ou no início ou fim do nome). Caso contrário, indica quais diretórios ou arquivos devem ser renomeados e qual o novo nome recomendado.
2. Para cada diretório de '**img**' cujo nome contenha um caractere de sublinhado, no formato '**DISTURBIO_AUTOR**', deve haver um arquivo '**DISTURBIO.html**' correspondente no diretório '**html**'. Caso não exista, indica que o arquivo HTML correspondente ao distúrbio que falta deve ser criado.
3. Para cada arquivo '**DISTURBIO.html**' dentro do diretório '**html**', deve haver um diretório '**DISTURBIO_AUTOR**' correspondente no diretório '**img**'. Esse teste é o inverso do anterior e, caso

seja identificado um arquivo HTML sem diretório de imagens correspondente, indica que ele deve ser eliminado.

4. Todos os arquivos HTML devem seguir um formato padrão. Esse teste verifica se as primeiras linhas e últimas linhas do arquivo seguem esse padrão. Todas as linhas até a linha com o *tag* <h1> são verificadas, bem como as duas últimas linhas do arquivo. Entretanto, o nome do distúrbio em si (dentro de <title> e <h1>) e o nome do autor ainda não são conferidos nesse teste. O teste possui variáveis internas, que precisam ser ajustadas apenas se for criada uma base de conhecimento para uma nova cultura. Se alguma linha estiver fora do padrão, indica quais linhas no arquivo HTML devem ser modificadas.

5. Todos os arquivos HTML devem conter um título longo, com o nome do distúrbio e o seu agente causal e usando o *tag* <h1>, e um título curto, contendo apenas o nome do distúrbio de forma abreviada e usando o *tag* <title>. Os dois nomes não devem ser iguais (se forem, deve-se adicionar um espaço ao final do título curto). Além disso, o nome do autor do texto deve constar no atributo 'content' do *tag* <meta name="author" content="AUTOR">. Caso qualquer uma das condições não seja satisfeita, indica que o arquivo HTML deve ser editado.

6. Para cada arquivo '*DISTURBIO.html*' dentro do diretório '**html**', deve haver uma regra no arquivo '**kbase.uzum**' com nome correspondente (na variável 'REGRA'). Dentro dessa regra, deve haver uma variável 'TITULO' com valor igual ao título longo do distúrbio (*tag* <h1> no arquivo HTML) e uma variável 'RESPONSAVEL' com valor igual ao nome do autor do texto (*tag* <meta name="author"> no arquivo HTML). Caso contrário, indica que a regra deve ser adicionada à base de conhecimento.

7. Os arquivos HTML não devem ter *tags* <h2>, <p> ou vazios ou com espaços extras. Deve haver pelo menos dois parágrafos de texto. A lista de referências deve começar e terminar com os *tags* e , e ter, pelo menos, duas referências definidas. Caso contrário, avisa que o arquivo HTML deve ser editado.

8. As referências da lista de informações adicionais dos arquivos HTML devem ser válidas e estar bem formatadas. De uma forma geral, elas devem seguir o padrão 'AUTORES. TITULO. REFERENCIA. LINK2'. Esse teste tenta verificar erros no formato das referências, usando variáveis internas para definir os formatos considerados válidos. Ao incluir fontes novas (periódicos, editoras, etc.) nas referências, é possível que essas variáveis precisem ser ajustadas no teste. Caso alguma inconformidade seja detectada, indica que o arquivo HTML deve ser editado.

9. Os links das referências devem ser válidos. Esse teste tenta detectar incoerências entre o link apresentado ao usuário (o site da publicação) e o link utilizado pelo sistema (a publicação em si). Conforme explicado, os dois links podem ser iguais ou diferentes. Esse teste utiliza variáveis internas para armazenar as relações entre os dois tipos de links, permitindo estimar o formato de um em função do outro. Ao incluir novos links, é possível que sejam necessários ajustes nessas variáveis para adaptar o teste. Caso haja alguma incoerência entre os links, indica que o arquivo HTML deve ser editado.

10. Os arquivos HTML devem conter pelo menos três imagens. O nome das imagens deve seguir o padrão '*DISTURBIO_NX*', contendo o código do distúrbio, o número da imagem ($N = 1, 2, 3...$) e, opcionalmente, uma letra ($X = a, b, c...$). O nome do distúrbio deve corresponder ao nome do arquivo HTML. É possível utilizar a imagem de um distúrbio para ilustrar a página de um distúrbio diferente. As relações desse tipo são definidas em variáveis internas, podendo ser necessário alterá-las para permitir novas associações. Cada imagem da lista deve ser incluída no arquivo HTML usando uma

linha no formato '``', contendo, além do nome do arquivo, a legenda completa e o autor da fotografia ou desenho. Caso a linha esteja fora de formato ou o nome do distúrbio não seja o esperado, indica que o arquivo HTML deve ser editado.

11. Todos os arquivos de imagens nos diretórios '`img/DISTURBIO_AUTOR`' devem estar listados no arquivo '`imagens.txt`' e vice-versa. Caso contrário, indica quais linhas devem ser adicionadas ou removidas do arquivo '`imagens.txt`'.

12. Todas as imagens listadas no arquivo '`imagens.txt`' devem ser transformadas numa outra imagem com características adequadas para ser incorporadas ao sistema. Todas as linhas do arquivo que não estiverem em branco e não forem comentários (não comecem com '#') devem conter o nome do arquivo da imagem original, no formato '`DISTURBIO_AUTOR/ARQUIVO.jpg`' (o arquivo pode ser .jpg, .png ou qualquer outro formato de imagem), seguido do nome da nova imagem ('`DISTURBIO_NX`', sem a extensão .jpg) e, opcionalmente, por uma lista de comandos para processar a imagem original. Caso o nome da nova imagem não tenha sido definido ou a linha esteja num formato diferente, indica as linhas do arquivo '`imagens.txt`' que devem ser atualizadas.

13. Todas as imagens citadas em '`imagens.txt`' também devem estar listadas nos arquivos HTML e vice-versa. Caso contrário, indica quais imagens estão faltando nos arquivos HTML e quais faltam em '`imagens.txt`'.

14. Cada nome de nova imagem no arquivo '`imagens.txt`' deve existir em apenas uma linha, não podendo haver repetição do mesmo nome, pois isso faria com que uma das imagens fosse perdida. O nome de cada nova imagem deve corresponder ao diretório listado no início do nome da imagem original (os dois devem começar com mesmo nome do distúrbio). Os comandos para processamento da imagem devem estar no padrão determinado nas variáveis internas do teste. Geralmente, não é preciso modificar o teste, mas caso seja feita uma combinação mais complexa de comandos, podem ser necessários ajustes nos valores das variáveis internas. Caso alguma imagem nova esteja repetida ou não corresponda ao distúrbio da imagem original, ou se a sequência de comandos para transformar a imagem não for reconhecida, indica quais linhas do arquivo '`imagens.txt`' devem ser modificadas.

15. Algumas imagens necessitam do comando '`-auto-orient`' para corrigir a sua orientação. Esse teste detecta quais imagens necessitam desse comando e verifica se o comando está presente nas respectivas linhas do arquivo '`imagens.txt`' e se alguma linha possui o comando sem necessidade. Se alguma linha está com o comando '`-auto-orient`' faltando ou sobrando, indica quais linhas devem ser modificadas em '`imagens.txt`'.

16. As regras definidas no arquivo '`kbase.uzum`' devem seguir a sequência correta, todas começando com a variável '`REGRA`'. As regras de sintomas devem ter a seguinte sequência de variáveis: zero ou mais variáveis '`TESTE`'; uma variável '`PERGUNTA`'; uma ou mais variáveis '`RESPOSTA`', cada uma seguida por uma variável '`VALOR`' e zero ou mais variáveis '`IMAGEM`'; zero ou uma variável '`SECUNDARIA`'. As regras de distúrbios devem ter a seguinte sequência de variáveis: uma variável '`TITULO`'; uma variável '`RESPONSAVEL`'; uma ou mais variáveis '`PROB`'. Linhas em branco ou comentários (linhas que começam com '#') são ignoradas. Se alguma variável estiver faltando ou estiver fora de ordem, indica as linhas com erro em '`kbase.uzum`'.

17. Todas as imagens listadas nos arquivos HTML devem estar citadas em '`kbase.uzum`' e vice-versa. Caso nenhuma das regras de sintomas em '`kbase.uzum`' seja adequada para exibir uma determinada imagem presente nos arquivos HTML, ela deve ser listada como um comentário da

regra do distúrbio correspondente (no formato '# IMAGEM = *DISTURBIO_NX.jpg* [*AUTOR*]'). Isso evitará que ela seja listada como faltando. Caso contrário, indica quais imagens estão faltando em '**kbases.uzum**' ou nos arquivos HTML.

Outros testes podem vir a ser definidos no futuro e adicionados a essa lista, visando detectar eventuais incoerências ou para facilitar a uniformização das bases de conhecimento. O uso desses testes facilita bastante o trabalho de criação e manutenção das bases de conhecimento.

Incorporação da base de conhecimento no Uzum

Após a construção da base de dados, é necessário incorporá-la ao restante do sistema Uzum para que se tenha um sistema de diagnóstico em operação. Há duas versões do Uzum em operação: um sistema executável via Web, diretamente do site da Embrapa, e um aplicativo para o sistema Android (Google Developers, 2020), para instalação em celulares e tablets. A versão Web funciona em qualquer dispositivo, incluindo computadores, celulares e tablets de qualquer tipo e não precisa de instalação, mas exige uma conexão com a Internet. Já o aplicativo funciona independente de conexão, mas precisa ser instalado num celular ou tablet com Android. A versão Web foi escrita na linguagem PHP (Cowburn, 2021) e o aplicativo em Java (Oracle, 2020). Uma parte menor do código usa ainda as linguagens JavaScript, HTML/CSS, XML, Perl, Bash e Make.

A fusão da base de conhecimento com o restante do software envolve uma série de passos, executados por scripts. Primeiro, as imagens são convertidas do original para as imagens processadas, de acordo com o especificado no arquivo '**imagens.txt**', e inseridas no sistema. Depois, o arquivo '**kbases.uzum**' é processado e gera arquivos com segmentos de código a serem compilados junto com o programa. Um dos arquivos gerados contém as regras da base de conhecimento convertidas em código PHP, que é usado no sistema Web, e outro contém código similar em Java, que é usado no aplicativo Android. Em ambos os casos, as regras da base de conhecimento são transformadas em objetos de uma classe que representa regras. Finalmente, é feita uma cópia dos arquivos HTML contendo as descrições dos distúrbios para dentro do sistema.

Além disso, alguns arquivos auxiliares são gerados a partir da informação contida na base de conhecimento. As referências usadas na seção de informações adicionais de todas as páginas de uma mesma cultura são agrupadas e ordenadas, gerando uma lista consolidada da bibliografia completa, que é incorporada ao sistema. Também é criada uma lista de todos os distúrbios que afetam a cultura, para acesso rápido, e a lista consolidada de autores dos textos e das imagens é inserida na página de ajuda.

Outras ações necessárias envolvem a geração dos ícones usados no sistema e os testes da base de conhecimento. No final do processo, são gerados os sistemas prontos para uso. Nesse ponto, é feita manualmente a carga dos aplicativos Android, permitindo que os usuários os atualizem em seus celulares, e a atualização dos sistemas Web no site da Embrapa.

Considerações finais

O sistema especialista Uzum pode ajudar a acelerar o diagnóstico de distúrbios na produção, principalmente em situações em que um técnico especializado não está disponível, o que contribui para melhorar a quantidade e qualidade do alimento produzido. Quanto mais cedo for detectado o problema, mais fácil é o seu controle, pois é possível que a área afetada (e a ser tratada) seja menor,

a população de pragas ainda esteja pequena ou a intensidade e severidade da doença ainda esteja baixa. Isso pode diminuir os custos do tratamento e reduzir o impacto ambiental da produção.

A adaptação do sistema Uzum para uma nova cultura demanda bastante trabalho para a criação da base de conhecimento, exigindo a participação de especialistas nas diversas áreas, bem como um esforço considerável em integrar toda a informação de forma coesa. Apesar de ter sido desenvolvido para fruteiras de clima temperado, ele pode ser facilmente adaptado para qualquer espécie agrícola, incluindo hortaliças, plantas de lavoura, pastagens e florestas. Até mesmo sistemas de diagnóstico em produção animal podem ser desenvolvidos com a estrutura existente do Uzum, bastando para isso criar uma base de conhecimento adequada.

A criação de novas bases para outras culturas e a atualização das bases existentes, com inserção de novos distúrbios ou modificação das informações atuais, pode ser feita seguindo os procedimentos aqui descritos, que, apesar de detalhados, organizam e facilitam o trabalho. Espera-se que a disponibilização dessa metodologia incentive a adaptação do sistema especialista de diagnóstico guiado Uzum para uso na produção de outras espécies agropecuárias.

Referências

COWBURN, P. (ed.). **PHP Manual**. The PHP Group, 2021. Disponível em: <https://www.php.net/manual/en/>. Acesso em: 30 mar. 2021.

FIALHO, F. B.; GARRIDO, L. da R.; BOTTON, M.; MELO, G. W. B. de; FAJARDO, T. V. M.; NAVES, R. de L. **Diagnóstico de doenças e pragas na cultura da videira usando o sistema especialista UZUM**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2012. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 128). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/73877/1/cot128.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2020.

GOOGLE DEVELOPERS. **Documentation for app developers**. Google LLC, 2020. Disponível em: <https://developer.android.com/docs>. Acesso em: 16 dez. 2020.

IMAGEMAGICK. **Anatomy of the command line**. ImageMagick Studio LLC, 2020a. Disponível em: <https://imagemagick.org/script/command-line-processing.php>. Acesso em: 16 dez. 2020.

IMAGEMAGICK. **Annotated list of command-line options**. ImageMagick Studio LLC, 2020b. Disponível em: <https://imagemagick.org/script/command-line-options.php>. Acesso em: 16 dez. 2020.

ORACLE. **Java documentation**. Oracle, 2020. Disponível em: <https://docs.oracle.com/en/java/>. Acesso em: 16 dez. 2020.

WHATWG. **HTML living standard**. Web Hypertext Application Technology Working Group, 2020. Disponível em: <https://html.spec.whatwg.org/multipage/>. Acesso em: 16 dez. 2020.

Embrapa

Uva e Vinho