

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Tese

**Nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica*) na cultura da batata:
período de cultivo e dinâmica populacional, qualidade dos
tubérculos e alterações histopatológicas em diferentes genótipos**

JAQUELINE TAVARES SCHAFFER

Pelotas, 2015

JAQUELINE TAVARES SCHAFFER

**Nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica*) na cultura da batata:
período de cultivo e dinâmica populacional, qualidade dos
tubérculos e alterações histopatológicas em diferentes genótipos**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, da Universidade Federal de Pelotas como requisito à obtenção do título de Doutor em Fitopatologia (área do conhecimento: Fitopatologia).

Orientadora: Dr^a. Danielle Ribeiro de Barros

Co-orientador: Dr. Cesar Bauer Gomes

Dra. Juliana Aparecida Fernando

Pelotas, 2015

Dados de catalogação na fonte:
(Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842)

S296n Schafer, Jaqueline Tavares

Nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica*) na cultura da batata : período de cultivo e dinâmica populacional, qualidade dos tubérculos e alterações histopatológicas em diferentes genótipos / Jaqueline Tavares Schafer ; Danielle Ribeiro de Barros, orientadora ; Cesar Bauer Gomes, Juliana Aparecida Fernando, coorientadores. — Pelotas, 2015.

112 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

1. *Meloidogyne javanica*. 2. *Solanum tuberosum*. 3. Qualidade de tubérculos. 4. Histopatologia. 5. Nível de inóculo. I. Barros, Danielle Ribeiro de, orient. II. Gomes, Cesar Bauer, coorient. III. Fernando, Juliana Aparecida, coorient. IV. Título.

CDD : 633.491

Banca examinadora:

Prof. Dr^a. Danielle Ribeiro de Barros - Orientadora - FAEM/UFPeI

Dr. Cesar Bauer Gomes – Embrapa Clima Temperado

Prof. Dr. Leandro José Dallagnol – FAEM/UFPeI

Prof. Dra. Roberta Marins Nogueira Peil – FAEM/UFPeI

Dra. Ângela Diniz Campos – Embrapa Clima Temperado

*Ao meu pai Gleni Paulo
Que hoje está espiritualmente ligado e presente, vivo em meu coração, contribuindo
com sua força e seus eternos ensinamentos;*

*A minha mãe Zilda
Por ser tão guerreira e não ter deixado meus sonhos se perderem na ilusão,
segurando forte como as mãos de Deus.*

*A minha irmã Bárbara
Pela amizade e companheirismo, e por me inspirar a força de vencer.*

Com muito amor

Dedico

Agradecimentos

À Deus, por ter me concedido a vida, por ter me mostrado o caminho certo, me dado a oportunidade de acreditar em mim mesma e me dado a graça de poder concluir mais esta etapa.

À Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel e Departamento de Fitossanidade pela oportunidade de realizar desde a graduação e obter mais um grau.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade pelo ensejo de realizar e concluir mais esta etapa e, ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pela concessão da bolsa.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Clima Temperado por permitir que o trabalho de tese fosse realizado em suas dependências e pelo aparato fornecido.

À querida e dedicada professora e orientadora Dra. Danielle Ribeiro de Barros por ter acreditado em mim e por ter me dado sua confiança. Agradeço também pelos seus ensinamentos, amizade, paciência e carinho, e acima de tudo, pela orientação durante essa etapa.

Ao também tão dedicado co-orientador, professor e amigo Dr. Cesar Bauer Gomes, pelos infinitos ensinamentos, paciência e constante dedicação para execução deste maravilhoso trabalho.

À professora Juliana Aparecida Fernando, pela co-orientação e disponibilidade em ajudar e concretizar parte do trabalho de tese. E juntamente, nessa equipe tão querida, agradeço também à Thaize e Cristina, pela ajuda e pelos momentos de descontração, os quais me deram muita força para seguir em frente.

Aos Professores do Departamento de Fitossanidade e Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, pelos ensinamentos profissionais e pessoais e pelo convívio.

À pesquisadora Dra. Ângela Diniz Campos pela maravilhosa convivência e pela competência, as quais foram essenciais para conclusão deste trabalho. E nessa equipe, agradeço muito à essencial ajuda e ensinamentos, e inesquecíveis momentos de descontração de onde fiz grandes amigos... obrigada Fabiane, Renê, Ivan e Juline.

Às pesquisadoras Dra. Márcia Vizzotto e Dra. Ana Cristina Krolow pela grande ajuda na execução das diversas metodologias adotadas para conclusão dessa tese. O mais sincero agradecimento à Núbia, Liane, Elisa, Priscila, Marina e Daniela pelo incansável apoio e pelos momentos de descontração.

Ao pesquisador Dr. Arione Pereira por ter concedido vários materiais genéticos para execução para diversas pesquisas e também, à Fernanda Quintanilha, Dediel e Laerte pela paciência, dedicação e amizade.

À professora Rosa Treptow pelas incansáveis ajudas para que parte desse trabalho se concretizasse, e pelos momentos maravilhosos de dedicação ao trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Clima Temperado, Gelson Krolow e Claudiomar Amaral, pela amizade e dedicação.

Aos funcionários do Departamento de Fitossanidade, Sérgio Freitas e Rosária Azambuja. Pessoas maravilhosas as quais devo muito e agradeço imensa e infinitamente pelo apoio e amizade construída.

À secretária do PPGFs, Neide, por estar sempre disposta a ajudar e pela amizade construída.

Ao casal de amigos, do coração, Bianca e Adriano, por estarem sempre ao meu lado, dispostos a ajudar e compartilhar momentos inesquecíveis... muito obrigada!

À minha eterna amiga, Lauren Fonseca Anacker, pela amizade e companheirismo, pela torcida para poder chegar ao final de mais uma etapa... sem palavras para agradecer!

Aos amigos e estagiários do laboratório Israel Lima, Victor Hugo Coila, Janaína Bernardo, Cristiano Bellé, Paulo Kuhn, Juliana Bretanha, Aline Fiss, Fernanda Cruz, Gabriele de Paula, Daniele de Brum, Danrley Pacheco, Caroline Wille, Carolini Vaz, Maria Inês Diel, Valéria Ortaça e Carolina Terra pelo convívio, apoio e amizade. Agradeço pela ajuda e garra para que este trabalho fosse concluído.

Aos amigos e colegas de curso Renata Mocellin, Aline Garske, Mariane Schuller, Paulo Benedetti, Márcio Costa, Rafael Nunes, Stefânia Moreno, Priscila Menezes, Sílvia Paz, Daniela Rodriguez, Elen Bonilha, Monalize Mota, Carla Tunes, Vanessa Chevarria e Talita Wurdig pelo companheirismo e ajuda para que eu pudesse chegar até aqui.

À banca examinadora pela disponibilidade e contribuição no trabalho.

Enfim, agradeço imensamente àquelas pessoas que, de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu pudesse concluir mais uma etapa em minha vida. O meu “muito obrigada” aos que seguem aqui na Terra, ligados carnalmente, e também, aos que espiritualmente mostram-me que, a vida segue, e que os ensinamentos não tem fim, que tudo que temos de tão maravilhoso, deve-se ao mérito conquistado pela longa caminhada e infinito aprendizado.

Biografia

Jaqueline Tavares Schafer, filha de Gleni Paulo Corrêa Schafer (*in memorian*) e Zilda Tavares Schafer, nasceu na cidade de Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul, em 18 de dezembro de 1983.

Em 2002 ingressou na Universidade Federal de Pelotas – Pelotas (RS) onde se graduou em Agronomia, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em 16 de agosto de 2008.

Em março de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, nível de Mestrado, na área de conhecimento Fitopatologia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – Pelotas (RS), concluindo-o em março de 2011.

Em março de 2011, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, nível de Doutorado, na área de conhecimento Fitopatologia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – Pelotas (RS), concluindo-o em maio de 2015.

Resumo

Schafer, Jaqueline Tavares. **Nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica*) na cultura da batata: período de cultivo e dinâmica populacional, qualidade dos tubérculos e alterações histopatológicas em diferentes genótipos**. 2015. 112f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, Brasil.

Com o intuito de prospectar medidas de manejo do nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica*), avaliar a qualidade de tubérculos de batata infectados e possíveis alterações histopatológicas nos tecidos parasitados pelo nematoide, o presente estudo foi dividido em três capítulos. No primeiro, objetivou-se avaliar a reação de genótipos de batata a *M. javanica* (Est J3) em casa de vegetação e seus danos em tubérculos, e, estudar a dinâmica populacional do nematoide em área naturalmente infestada em três diferentes períodos de cultivo. No segundo, teve-se como objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de inóculo de *M. javanica* sobre a sua reprodução, danos e alterações químicas e bioquímicas em tubérculos de batata infectados pelo nematoide nas cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara e; no terceiro capítulo, estudar as alterações histopatológicas, sensoriais e visuais nos tubérculos de batata infectados com o nematoide das galhas, e os danos ocasionados em diferentes períodos após a colheita. No primeiro trabalho, plantas de batata da cv. BRS Clara, estabelecidas em parcelas no campo, em solo naturalmente infestado com o nematoide das galhas, estabeleceu-se um estudo para avaliar a flutuação populacional do nematoide em diferentes períodos de cultivo. Concomitantemente, a partir de uma população pura de *M. javanica*, altamente agressiva, avaliou-se em casa de vegetação, a reação e os danos causados por esse fitoparasita em tubérculos de dez genótipos de batata. Por fim, estabeleceu-se um experimento em casa de vegetação para estudo da influência de diferentes níveis de inóculo do nematoide sobre a qualidade de tubérculos das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara, índice de clorofila, taxa de reprodução do nematoide, danos em raízes e tubérculos, dentre outras variáveis. A partir dos tubérculos produzidos pelas plantas das três diferentes cultivares, avaliou-se o respectivo conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante, os teores de amido, glicose e sacarose, e matéria seca, bem como a influência do tempo de armazenamento pós-colheita de tubérculos infectados sobre a qualidade visual interna dos mesmos; histopatologia e as relações entre nível de inóculo e cultivar de batata sobre as características sensoriais e visuais em *chips* e batata cozida. No experimento estabelecido a campo, os maiores níveis populacionais de *M. javanica* foram observados no primeiro cultivo (20/08 a 23/11/2013), em que a temperatura média diária foi mais alta (24,2°C) comparativamente aos demais períodos (10/09 a

23/11/2013 e 30/09 a 07/12/2013) avaliados, o que pode ter favorecido o desenvolvimento e reprodução do nematoide nas raízes das plantas de batata. Todos os genótipos de batata comportaram-se como suscetíveis à *M. javanica* [fator de reprodução (FR)>1,00], no entanto, verificou-se diferentes níveis de suscetibilidade entre os materiais testados. Na avaliação da influência de diferentes níveis de inóculo de *M. javanica* sobre as distintas cultivares de batata, verificou-se interação significativa entre os tratamentos para a maioria das variáveis analisadas. No geral, independentemente da cultivar de batata, os níveis mais elevados de inóculo do nematoide resultaram em maior número de galhas nas raízes, maior número de “pipocas” por unidade de área e tendência na redução dos valores de FR com o aumento do nível de inóculo. Além disso, plantas inoculadas com 1250 ou mais ovos+J2, no geral, apresentaram redução da massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca da raiz (MFR). Maior conteúdo de compostos fenólicos foi encontrado em tubérculos das cultivares Asterix e BRS Clara provenientes das testemunhas e das plantas inoculadas com o menor nível de inóculo (625 ovos + J2 de *M. javanica*). Maior atividade antioxidante foi observada em tubérculos de batata da cultivar Asterix e BRS Clara, no maior e menor nível de inóculo testados, respectivamente, enquanto que para “BRSIPR Bel” não houve diferença significativa entre os diferentes níveis de inóculo. Em relação aos teores de amido, houve diferenças significativas entre os diferentes níveis de inóculo apenas para a cv. “Clara”, enquanto que, para as variáveis glicose e sacarose, houve aumento no conteúdo desse carboidrato nos tubérculos com os níveis de inóculo mais elevados para as cvs. “Bel” e “Clara” e em todos os tratamentos da cv. Asterix onde houve inoculação de ovos+J2 de *M. javanica*, indicando assim, aumento no conteúdo de açúcares redutores e não redutores em função do parasitismo pelo nematoide. No geral, os teores de matéria seca e os índices de clorofila foram reduzidos com o aumento do nível de inóculo do nematoide, reforçando a influência negativa do patógeno sobre a fisiologia da planta e qualidade dos tubérculos. Pela análise visual dos cortes nos tubérculos de batata, verificaram-se regiões escurecidas mais intensas naqueles tratamentos em que as plantas foram inoculadas com 1250 a 5000 ovos + J2. Além disso, verificou-se aumento progressivo desses escurecimentos e a presença de podridões dos tubérculos com o aumento do período de armazenamento. Tubérculos processados, tanto na forma de *chips* quanto cozidos, apresentaram todas as características sensoriais e visuais avaliadas afetadas pelo nematoide das galhas. Pela análise histopatológica, as análises microscópicas das secções transversais de galhas nas raízes evidenciaram a formação de células gigantes no cilindro vascular, em número de seis, multinucleadas e com nucléolo proeminente, independentemente da cultivar avaliada. As alterações histológicas nos tubérculos foram semelhantes àquelas produzidas pelo nematoide nas raízes. Contudo, nos sítios de alimentação dos tubérculos, notou-se uma quantidade maior de mucilagem, além da desorganização celular, a formação das células gigantes, a degradação da parede celular e a presença de mais de um nucléolo por núcleo.

Palavras-chave: *Meloidogyne javanica*, batata, *Solanum tuberosum*, qualidade de tubérculos, histopatologia, nível de inóculo, reação de genótipos, dinâmica populacional.

Abstract

Schafer, Jaqueline Tavares. **Root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) on the potato crop: cropping season and populational dynamics, tuber quality, and histopathological changes in different genotypes**. 2015. 112f. Thesis (Doctor) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, Brazil.

In order to prospect management measures of root-knot nematodes (*Meloidogyne javanica*), to assess tuber quality and possible histopathological changes on tissues infected by root-knot nematodes this study was done. The thesis is divided in three chapters. The objective of the first study was to evaluate the reaction of different potato genotypes to *M. javanica* (Est J3) and its damage on potato tubers at greenhouse conditions and to study the population dynamics of the root-knot nematode in a naturally infested area in three cropping seasons. In the second study, the objective was to evaluate the effect of different levels of *M. javanica* inoculum on its reproduction, damage and chemical and biochemical changes in the potato tubers of cultivars Asterix, BRSIPR Bel and BRS Clara infected by the nematode. In the third study, the objective was to evaluate visual, sensorial and histopathological changes in infected potato tubers with the root-knot nematode, and the damage caused in different periods after harvesting. In the first study, potato plants of cv. BRS Clara, established in field plots, in naturally infested soil with *M. javanica*, an experiment was carried out to evaluate the nematode population fluctuation in different planting periods of the year. Concomitantly, using a very aggressive *M. javanica* population, in greenhouse, the reaction of ten potato genotypes and the damage caused in the tubers were evaluated. Finally, an experiment at greenhouse conditions was carried out to study the influence of different levels of *M. javanica* inoculum on the quality of potato tubers of Asterix, BRSIPR Bel and BRS Clara cultivars, chlorophyll index, rate of nematode reproduction in the roots and tubers, besides other variables. From the tubers produced by the three potato cultivars, the content of phenolics compounds and antioxidant activity, starch, glucose, sucrose, and dry matter content were evaluated. The influence of post-harvest storage time of infected tubers on tuber internal visual quality was also evaluated, as well as the histopathology and the relations between de inoculum level and the potato cultivar on the sensorial and visual traits in potato chips and cooked. In the field experiment, the highest population levels of *M. javanica* were observed in the first growing period (from 20.08.2013 to 23.11.2013), when the average daily temperature was higher (24.2°C) compared to the other periods, which may have favored the development and reproduction of nematodes in the roots of potato plants. All potato genotypes behaved as susceptible to *M. javanica* [reproduction factor (RF)> 1.00], however it was

verified different levels of susceptibility among the tested materials. Evaluating the influence of different levels of *M. javanica* inoculum on the different potato cultivars, there was a significant interaction between the treatments for most analyzed variables. In general, independently of potato cultivar, higher levels of nematode inoculum resulted in higher number of galls in the roots, higher number of galls per area unity, and tendency to of reduction factor values with increase of inoculum level. Additionally, it was verified that plants inoculated with 1250 or more nematode eggs + J2, in general, presented reduction on fresh mass of aerial part (FMAP) and fresh root mass (FRM). Higher content of phenolic compounds was found in tubers of Asterix and BRS Clara cultivars comparing to control and to the plants inoculated with the lowest level of nematode inoculum (625 eggs + J2 of *M. javanica*). Higher antioxidant activity was observed in potato tubers of Asterix and BRS Clara, with the highest and lowest level of inoculum tested, respectively; while for BRSIPR Bel there was no significant difference between the levels of inoculum. In relation to starch content, there were significant differences among inoculum levels only for BRS Clara, while for glucose and sucrose content, there was an increase in these carbohydrates in the tubers with higher *M. javanica* inoculum levels for BRSIPR Bel and BRS Clara, and for all treatments with Asterix where there was inoculation of eggs+J2 of *M. javanica*. This result indicates increase in the content of reducing and non-reducing sugars as a result of the parasitism by nematode. Furthermore, there was a progressive increase of these darkened regions and the presence of rot in the tubers with increasing storage period. Evaluating the processed tubers as chips and cooked, it was verified that all sensorial and visual traits were affected by the root-knot nematode. Histopathological analysis of cross sections of galls from the roots with *M. javanica* revealed the formation of giant cells in the vascular cylinder, six in number, multinucleated, and with prominent nucleoli, independently of the potato cultivar. Histological changes observed in the potato tubers were similar to those produced by nematodes on the roots; however, there has been a greater amount of mucilage in this region, besides cellular disorganization, formation of giant cells, cell wall degradation, and the presence of more than one nucleolus per nucleus.

Keywords: *Meloidogyne javanica*, potato, *Solanum tuberosum*, tubers quality, histopathological changes, inoculum levels, resistance, population dynamics.

Lista de Figuras

Capítulo I

- Figura 1 - Dados de temperatura máxima (▲), média (■) e mínima (●) e diferentes períodos de cultivo de batata cv. BRS Clara (20/08 a 23/11/2013; 10/09 a 23/11/2013 e 30/09 a 07/12/2013), em solo naturalmente infestado pelo nematoide das galhas *Meloidogyne javanica*, em condições de campo. Pelotas/RS, 2015. 30
- Figura 2- Dados de umidade relativa do ar em percentagem (●), precipitação pluvial em mm (■) e diferentes períodos de cultivo de batata cv. BRS Clara (20/08 a 23/11/2013; 10/09 a 23/11/2013 e 30/09 a 07/12/2013), em solo naturalmente infestado pelo nematoide das galhas *Meloidogyne javanica*, em condições de campo. Pelotas/RS, 2015. 30
- Figura 3 - Tubérculos da cultivar de batata BRSIPR Bel, provenientes de plantas inoculadas com 5000 ovos + J2 de *Meloidogyne javanica*, apresentando protuberâncias ("pipocas"). Pelotas/RS, 2015. 33
- Figura 4 - Fator de reprodução (FR) do nematoide das galhas, *Meloidogyne* spp., em condições de campo (A), população final de nematoides (B), massa (C) e número de tubérculos (D) produzidos por plantas de batata cv. BRS Clara em condições de campo, sob três diferentes períodos de cultivo (período 1: 20/08 a 23/11/2013; período 2: 10/09 a 23/11/2013; e, período 3: 30/09 a 07/12/2013). Pelotas/RS, 2015. 35
- Figura 5 - Severidade de *Phytophthora infestans* em batata cv. BRS Clara em condições de campo, aos 68 dias de emergência, no período de plantio de 30/09 a 07/12/2013. Pelotas/RS, 2015. 37

Capítulo II

- Figura 1 - Tubérculos de batata com "pipocas" provenientes de plantas inoculadas com 5000 ovos + J2 de *Meloidogyne javanica* nas cultivares: A – Asterix, B – BRSIPR Bel, C – BRS Clara. Pelotas/RS, 2015. 49

Capítulo III

- Figura 1 - Diagrama de atributos visuais e sensoriais para avaliação de batatas-chips da cultivar BRSIPR Bel. Pelotas/RS, 2015. 70

- Figura 2- Cortes de tubérculos de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara provenientes de plantas inoculadas com diferentes níveis de inóculo 0, 625, 1250, 2500 e 5000 ovos + J2 de *Meloidogyne javanica* no momento da colheita. Pelotas/RS, 2015..... 75
- Figura 3- Cortes de tubérculos de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara provenientes de plantas inoculadas com diferentes níveis de inóculo (0 (T1), 625 (T2), 1250 (T3), 2500 (T4) ou 5000 (T5) ovos + J2) de *Meloidogyne javanica* aos 15 dias após a colheita. Pelotas/RS, 2015. 76
- Figura 4- Corte de tubérculos de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara provenientes de plantas inoculadas com diferentes níveis de inóculo (0 (T1), 625 (T2), 1250 (T3), 2500 (T4) e 5000 (T5) ovos + J2) de *Meloidogyne javanica*, aos 30 dias após a colheita. Pelotas/RS, 2015. 77
- Figura 5- Dados de temperatura máxima (▲), média (■) e mínima (●) durante o período de armazenamento (14 de janeiro a 27 de fevereiro de 2014), de tubérculos de batata das cv. Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara infectados com diferentes níveis de inóculo iniciais (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2) de *Meloidogyne javanica*. Pelotas/RS, 2015. 78
- Figura 6 - Chips de batatas da cultivar BRSIPR Bel provenientes de tubérculos de plantas inoculadas com diferentes níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2) de *Meloidogyne javanica*. Pelotas/RS, 2015. 80
- Figura 7 - A-D. Secção transversal da raiz de *Solanum tuberosum* cv. Asterix. A. Raiz testemunha em fase secundária de desenvolvimento evidenciando cilindro vascular e periderme, 70 dias após a inoculação de *Meloidogyne javanica*. B. Formação de células gigantes (setas) na raiz infectada pelo nematoide. C. A seta indica células parenquimáticas comprimidas e substância péctica. C-D. As células gigantes mostram vários núcleos com nucléolos proeminentes (pontas de setas pretas) e parede celular parcialmente fragmentada (pontas de setas brancas). *S. tuberosum* cv. BRSIPR Bel (E) e *S. tuberosum* cv. BRS Clara (F) evidenciando a infecção por nematoides incluindo a presença de massa de ovos. Note a fragmentação das paredes celulares nas células gigantes. Cv = cilindro vascular; Cg = células gigantes; m = massa de ovos; N = nematoide; Pe = periderme. Barras: A, B, C, E, F = 100 µm; D = 50 µm. 87
- Figura 8 - A. Secção transversal do tubérculo testemunha de *Solanum tuberosum* cv. Asterix mostrando parênquima amilífero sem alterações celulares. B. Secção transversal da galha formada no tubérculo de *S. tuberosum* cv. Asterix após inoculação de 1250 ovos de *Meloidogyne javanica* evidenciando alteração celular no parênquima (seta), 70 dias após a inoculação do nematoide. No tubérculo da cultivar BRS Clara e BRSIPR Bel (C e D, respectivamente) é possível observar as alterações celulares (células gigantes), bem como a produção de substância péctica (asteriscos). A degradação da parede celular é evidenciada em D (seta). E. Grãos de amido indicados pelas setas (cv. BRSIPR Bel). F. Detalhe das células gigantes multinucleadas (pontas de setas), citoplasma com numerosos vacúolos (V). Barras: A, B = 100µm; C, D = 50µm; E = 20µm; F = 10µm.88

Lista de Tabelas

Capítulo I

Tabela 1 - Fator de reprodução de <i>Meloidogyne javanica</i> , número de galhas nas raízes, número de "pipocas" nos tubérculos e reação de 10 genótipos de batata ao nematoide. Pelotas/RS, 2015.	32
---	----

Capítulo II

Tabela 1 - Número de galhas, número de "pipocas" e fator de reprodução (FR) do nematoide das galhas, e massa fresca de parte aérea e do sistema radicular de plantas de batata cvs. Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara, 70 dias após a inoculação com diferentes níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 e 5000 ovos + J2/planta) de <i>Meloidogyne javanica</i> . Pelotas/RS, 2015. 50	50
Tabela 2 – Número e massa fresca de tubérculos de batata nas cvs. Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara independentemente dos níveis de inóculo de <i>Meloidogyne javanica</i> testados (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2 do nematoide/planta). Pelotas/RS, 2015.	51
Tabela 3 – Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante em tubérculos de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara, 70 dias após a inoculação com diferentes níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2/planta) de <i>Meloidogyne javanica</i> . Pelotas/RS, 2015.	53
Tabela 4 – Conteúdo de amido, glicose e sacarose em tubérculos produzidos por plantas de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara, 70 dias após a inoculação com diferentes níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2/planta) de <i>Meloidogyne javanica</i> . Pelotas/RS, 2015.	54
Tabela 5 - Percentagem de matéria seca em tubérculos de batata cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara, 70 dias após a inoculação das plantas com os diferentes níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2/planta) de <i>Meloidogyne javanica</i> . Pelotas/RS, 2015.	55
Tabela 6 – Índices de Clorofila "a", "b" e total em plantas de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara, aos 30 dias após a inoculação das plantas com <i>Meloidogyne javanica</i> , independentemente do nível de inóculo testado (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2 do nematoide/planta). Pelotas/RS, 2015.	56
Tabela 7 - Índices de Clorofila "a", "b" e total em plantas de batata, independentemente da cultivar (Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara), aos 30 dias após a inoculação com <i>Meloidogyne javanica</i> , independentemente dos níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2 do nematoide/planta). Pelotas/RS, 2015.	56

Capítulo III

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade sensorial e visual em batata <i>chips</i> provenientes de tubérculos de plantas da cultivar BRSIPR Bel, 70 dias após a inoculação com diferentes níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2) de <i>Meloidogyne javanica</i> . Pelotas/RS, 2015.	82
--	----

Sumário

1 Introdução Geral	19
2 CAPÍTULO I - Reação de genótipos de batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.) a <i>Meloidogyne javanica</i> e dinâmica populacional do nematoide em diferentes períodos de cultivo.	24
2.1 Introdução	24
2.2 Material e Métodos	27
2.2.1 Avaliação da reação de genótipos de batata a <i>Meloidogyne javanica</i>	27
2.2.2 Dinâmica populacional de <i>Meloidogyne javanica</i> em área naturalmente infestada em diferentes períodos de cultivo com batata	28
2.3 Resultados e discussão	31
2.3.1 Avaliação da reação de genótipos de batata a <i>Meloidogyne javanica</i>	31
2.3.2 Dinâmica populacional de <i>Meloidogyne javanica</i> em área naturalmente infestada em diferentes períodos de cultivo com batata	35
2.4 Conclusão	40
3 CAPÍTULO II - Qualidade de tubérculos de batata infectados com diferentes níveis de inóculo de <i>Meloidogyne javanica</i>	41
3.1 Introdução	41
3.2 Material e métodos	43
3.2.1 Avaliação da influência de diferentes níveis populacionais de <i>Meloidogyne javanica</i> sobre parâmetros de desenvolvimento de plantas de batata, reprodução do nematoide e danos causados nos tubérculos.....	44
3.2.2 Avaliação da influência de diferentes níveis populacionais de <i>Meloidogyne javanica</i> sobre a qualidade dos tubérculos infectados	45
3.2.2.1 Análises do conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante....	45
3.2.2.1.1 Compostos fenólicos.....	45

3.2.2.1.1 Atividade antioxidante.....	45
3.2.2.2 Análises físicas e bioquímicas	46
3.2.2.2.1 Teor de matéria seca.....	46
3.2.2.2.2 Teores de amido, açúcares não redutores e açúcares redutores.....	46
3.2.2.2.2.2 Teores de glicose.....	47
3.2.2.2.2.3 Teores de sacarose	48
3.2.3 Análises estatísticas dos dados.....	48
3.3 Resultados e discussão	48
3.4 Conclusões	64
4 CAPÍTULO III - Análise sensorial e visual e histopatologia comparada em raízes e tubérculos de batata parasitados por <i>Meloidogyne javanica</i>	65
4.1 Introdução.....	65
4.2 Material e métodos	68
4.2.1 Danos e alterações em tubérculos de batata infectados por <i>Meloidogyne javanica</i> em diferentes períodos de armazenamento.....	69
4.2.2 Análise visual e sensorial de tubérculos de batata infectados por <i>Meloidogyne javanica</i>	69
4.2.3 Histopatologia comparada de raízes e tubérculos de batata infectados por <i>Meloidogyne javanica</i>	71
4.3 Resultados e discussão	72
4.3.1 Danos e alterações em tubérculos de batata infectados por <i>Meloidogyne javanica</i> em diferentes períodos de armazenamento	72
4.3.2 Análise visual e sensorial de tubérculos de batata infectados por <i>Meloidogyne javanica</i>	79
4.3.3 Histopatologia comparada de raízes e tubérculos de batata infectados com <i>Meloidogyne javanica</i>	83
4.4 Conclusão	90
5 Conclusão Geral	91
6 Referências.....	92
7 Anexos.....	112

1 Introdução Geral

A batata (*Solanum tuberosum* L.), originária dos Andes peruano e boliviano, é uma dicotiledônea perene da família Solanaceae. Com uma produção de aproximadamente 3,6 milhões de toneladas anuais, o Brasil ocupa a 23ª posição quanto à produção de batata, sendo o terceiro alimento mais consumido em todo o mundo (IBGE, 2014).

No entanto, a cultura da batata é limitada por vários problemas abióticos e bióticos. Entre as doenças citam-se, a requeima, causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* Mont. de Bary (requeima), aquelas de origem fúngica como pinta preta (*Alternaria solani* Sorauer) e rizoctoniose (*Rhizoctonia solani* Kuhn) e dentre outras de importância secundária (NAZARENO; FILHO, 2003; TÖFOLI et al., 2012); doenças de origem bacteriana como a murcha bacteriana (*Ralstonia solanacearum* Smith), podridão mole, podridão da haste e canela preta causadas por diferentes espécies de *Erwinia* (OLIVEIRA; SILVEIRA; DUARTE, 2003; BAPTISTA, 2006); doenças de origem virótica como o enrolamento da folha (PLRV– *Potato leafroll virus*) e o mosaico (PVY– *Potato virus Y*) (DANIELS; SCHONS, 2003; WANG et al., 2006); e, nematoses causadas por diferentes fitonematoides (INOMOTO, 2001; SANTOS, 2003).

Dentre as doenças causadas por nematoides fitoparasitas, diversas espécies são responsáveis por prejuízos significativos na cultura, tanto em regiões de clima tropical, subtropical como temperado (VOVLAS et al., 2005; TORDABLE; LAX; DOUCET, 2008). As perdas ocasionadas por fitonematoides podem alcançar, a nível mundial, de 125 bilhões de dólares por ano (CHITWOOD, 2003), que segundo Barker (1998) equivalem em média a 12,2% da produção. Contudo, essas perdas podem ser variáveis dependendo da espécie do nematoide envolvida no patossistema, seus níveis populacionais, suscetibilidade do genótipo plantado, entre outros fatores (SILVA; SANTOS, 2007). No Brasil, os gêneros *Meloidogyne*

(nematóide das galhas) e *Pratylenchus* (nematóide das lesões radiculares) são os mais frequentes e associados a danos na cultura da batata. Os nematóides das galhas são patógenos polívoros e afetam drasticamente a maioria das solanáceas em diferentes regiões do mundo (DJIAN-CAPORALINO et al., 2007). No Brasil, *M. javanica* (Treb) Chitwood é considerada a espécie de maior importância por ser mais frequente (SILVA et al., 2010; LIMA-MEDINA, 2013) e com maior capacidade reprodutiva nos genótipos suscetíveis, estando amplamente disseminada nas regiões produtoras de batata (SILVA et al., 2010). Além disso, as espécies *M. incognita* (Kofoid & White) Chitwood, *M. hapla* Chitwood, e *M. arenaria* (Neal) Chitwood também são de grande importância para a cultura (CHARCHAR; MOITA, 2001), sendo essas quatro espécies, consideradas como as mais destrutivas do gênero em diferentes plantas hospedeiras (VAN VUUREN; WOODWARD, 2001; HUSSEY; JANSSEN, 2002; VOVLAS et al., 2005).

No solo, juvenis de segundo estágio (J2) do nematóide das galhas infectam o sistema radicular das plantas de batata, interferindo severamente no desenvolvimento da cultura e, também, na qualidade e no rendimento dos tubérculos produzidos. Nos tecidos parasitados, tais patógenos induzem alterações histológicas que iniciam com a formação de um sítio de alimentação que consiste em três ou quatro células gigantes hipertrofiadas por fêmea (WILLIAMS, 1972). O gênero *Meloidogyne* possui um ciclo de vida que envolve quatro estágios juvenis, separados por ecdises, onde a primeira troca se dá ainda dentro do ovo, passando de juvenil de primeiro estágio para J2. Após a eclosão, os J2 migram, no solo, infectando as mesmas raízes ou penetram nos tubérculos, induzindo a formação de novos sítios de alimentação. Aproximadamente três semanas após a infecção, após passarem por mais duas ecdises (estádios J3 e J4), as fêmeas adultas e globosas, iniciam a postura colocando de 200 a 1000 ovos em uma matriz gelatinosa, fora da raiz, completando seu ciclo. Da mesma forma, os machos, vermiformes, passam por duas ecdises, porém ao atingirem o estágio adulto, podem fecundar a fêmea antes de abandonarem a raiz (GOMES; SOUZA, 2003). Por sua vez, as fêmeas produzem massas de ovos internamente ao tubérculo, em volta das quais se observam manchas marrons. Os sintomas externos dessa infecção se tornam visíveis em forma de protuberâncias ou galhas de diferentes tamanhos tanto em raízes como tubérculos (VOVLAS et al., 2005). Porém, pouco se sabe sobre o tipo de alterações histopatológicas que ocorrem em tubérculos parasitados por *Meloidogyne* spp.

A duração do ciclo de vida do nematoide das galhas depende principalmente da espécie e das condições ambientais reinantes no local (GOMES; SOUZA, 2003). *M. javanica* completa seu ciclo de vida em torno de 40 dias (WILLIAMS, 1972), em uma faixa de temperatura que varia de 18°C a 31,5°C (CHARCHAR; MOITA, 2001), com produção média de 600 ovos por fêmea. Em uma única safra de batata, as populações iniciais do patógeno passarão por três ciclos, durante os quais a invasão dos tubérculos pelos juvenis recém eclodidos é contínua, podendo causar danos severos nas plantas atacadas (BROWN et al., 2006). As espécies *M. javanica* e *M. incognita* são capazes de se estabelecerem no cultivo de batata quando a temperatura ainda é baixa, em torno de 18°C, acelerando o ciclo de vida com o aumento da temperatura, o que resulta em maior número de gerações dos nematoides à medida que os cultivos se aproximam do período de verão (CHARCHAR, 1995; CHARCHAR, 1997; CHARCHAR; ARAGÃO, 2005). A semelhança do que ocorre nas raízes, tubérculos de batata também são infectados por *Meloidogyne* spp. e apresentam formação de galhas. Apesar de se conhecer a natureza dessas alterações no produto colhido (SILVA; SANTOS, 2007), poucos estudos existem acerca dos níveis de inóculo e danos causados por *Meloidogyne* spp. sobre a qualidade dos tubérculos infectados.

Para redução das populações deste nematoide, várias formas de controle podem ser adotadas, porém por se tratarem de organismos habitantes do solo, sob condições favoráveis de temperatura e umidade, multiplicam-se com rapidez e ficam protegidos da ação de substâncias tóxicas presentes nos agrotóxicos (CHITWOOD, 2002). Assim, fica evidente que para o controle ser efetivo, deve haver a integração de várias medidas que incluem desde a escolha da área de plantio e da batata semente, até a colheita. Assim, as principais medidas são baseadas no uso de batata semente livre de patógenos, rotação de culturas aliado ao uso de plantas antagonistas, alqueive e, em último caso, o controle químico (CHITWOOD, 2002; PINHEIRO; LOPES; HENZ, 2009).

Juntamente com as práticas citadas anteriormente, a utilização de variedades resistentes é um dos métodos que se constitui de grande relevância para o controle de nematoides em diferentes culturas (BROWN et al., 2006). O emprego da resistência genética apresenta vantagens como inocuidade à saúde humana, custo relativamente baixo, além de não poluir o meio ambiente. Porém ainda se conhece pouco sobre fontes de resistência de batata ao nematoide das galhas, em nossas

condições (PINHEIRO; LOPES; HENZ, 2009). A maioria das variedades de batata cultivadas no Brasil é de origem europeia, sendo essas desenvolvidas em condições climáticas diferentes e não apresentam resistência às espécies dos nematoides das galhas que ocorrem em condições brasileiras (CHARCHAR; MOITA, 2001; LIMA-MEDINA, 2013), o que pode acarretar em perda de qualidade dos tubérculos caso tenham sido produzidos em áreas infestadas por *Meloidogyne* spp. Como consequência da perda de qualidade, o tubérculo sofre depreciação. Além disso, tubérculos infectados podem servir como fonte de inóculo, uma vez que os produtores ainda preferem deixá-los no solo a arcar com os custos da colheita, o que contribui para o aumento da população destes fitopatógenos na área e ainda favorece a sua disseminação para novas áreas (TORDABLE; LAX; DOUCET, 2008).

No Brasil, a principal forma de consumo da batata é *in natura*. Conseqüentemente, a aparência geral, formato, tamanho e cor da periderme dos tubérculos influenciam diretamente na escolha feita pelos consumidores (HAYES; THILL, 2002; SILVA; SANTOS, 2007). Nesse sentido, defeitos visuais nos tubérculos afetam tanto a comercialização do produto para consumo direto como pela indústria, sendo rejeitados (NARDIN, 2007). Visando o abastecimento das indústrias de batata frita, características como alto teor de matéria seca, olhos pouco profundos e baixo teor de açúcares redutores, são as mais desejadas. Além disso, o aumento da temperatura durante o processamento industrial pode provocar o escurecimento não enzimático, alterando a cor e o sabor da batata frita nos pontos onde ocorre a infecção pelos nematoides (SILVA; SANTOS, 2007). Sabe-se que esse escurecimento e o sabor amargo condicionam a rejeição do produto final pelos consumidores (COELHO; VILELA; CHAGAS, 1999). Entretanto, raros são os trabalhos disponíveis na literatura, que abordam tais alterações físico-químicas e a consequência dos danos causados pelo nematoide em características sensoriais do produto. Apesar de existirem relatos de que tubérculos injuriados por *Meloidogyne* spp. possuem sua qualidade reduzida, as pesquisas conduzidas para estudar a dimensão dos danos e ou processos interferidos foram realizados na Europa, cujas condições ecológicas de cultivo e as espécies de *Meloidogyne* associadas à cultura, são diferentes em sua grande maioria daquelas que ocorrem em nossas condições (WESEMAEL; VIAENE; MOENS, 2011).

Considerando-se a importância da cultura da batata para a região Sul do Brasil e a necessidade de pesquisas sobre resistência genética de cultivares de

batata a *M. javanica*, manejo adaptado às condições climáticas da região; e, falta de informações acerca de alterações sensoriais, visuais em tubérculos infectados pelo nematoide, o presente estudo foi dividido em três capítulos:

- No primeiro, objetivou-se avaliar a reação de genótipos de batata a *M. javanica* e os respectivos danos em tubérculos, em casa de vegetação, e estudar a dinâmica populacional do nematoide das galhas em área naturalmente infestada com o patógeno, em três diferentes períodos de cultivo;
- No segundo capítulo, teve-se por objetivo, avaliar o efeito de diferentes níveis de inóculo de *M. javanica* sobre a sua reprodução, danos e alterações químicas e bioquímicas em tubérculos de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara infectados pelo nematoide;
- E no terceiro, teve-se por objetivo, avaliar danos visuais ocasionados por *M. javanica* em tubérculos de batata na colheita e em dois períodos de armazenamento; avaliar as características sensoriais e visuais de tubérculos de batata de diferentes cultivares infectados com o nematoide; e, por fim, investigar os tipos de alterações histopatológicas presentes em tubérculos de diferentes cultivares de batata infectados com o nematoide e comparar com aquelas alterações nas raízes parasitadas por esse patógeno.

2 CAPÍTULO I - Reação de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) a *Meloidogyne javanica* e dinâmica populacional do nematoide em diferentes períodos de cultivo.

2.1 Introdução

No Brasil, a produção de batata (*Solanum tuberosum* L.) foi de 3.569.750 toneladas de tubérculos na safra de 2013, sendo a região Sul responsável por aproximadamente 40,5% da produção do País (IBGE, 2014). A cultura é afetada por diversos problemas de ordem fitossanitária que causam prejuízos diretamente na produção ou influenciam na qualidade dos tubérculos (ZAMBOLIM, 2011). Dentre esses, os fitonematoides representam sérios problemas à cultura na maioria das regiões de cultivo de batata (PINHEIRO; LOPES, 2011; ESTEVES; MALEITA; ABRANTES, 2014), cujos principais causadores de danos são os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.), das lesões (*Pratylenchus* spp.) e os formadores de cistos (*Globodera* spp.) (YOUSSEF, 2013).

Os nematoides das galhas são patógenos danosos que podem causar perdas significativas em cultivos de batata (POWERS et al., 2005). No Brasil, diferentes espécies do gênero *Meloidogyne* encontram-se amplamente distribuídas em diversas regiões produtoras de batata, sendo *M. javanica* (Treub) Chitwood e *M. incognita* (Kofoid & White) as mais frequentes (CHARCHAR, 1997; CHARCHAR, 1981; SILVA, 2009). Em levantamento recente realizado em zonas produtoras de batata do Sul do Brasil, verificou-se que *M. javanica* foi a espécie de maior ocorrência (LIMA-MEDINA, 2013), sendo esta também considerada como a mais comum na maioria das regiões de cultivo com *S. tuberosum* do globo (VOVLAS et al., 2005).

O conhecimento do ciclo de vida dos nematoides das galhas faz-se necessário para a adoção de medidas que auxiliem na redução de suas populações

no solo em áreas infestadas, de forma que a cultura não seja prejudicada no decorrer dos anos. O ciclo de vida do gênero *Meloidogyne* envolve quatro estádios juvenis separados por ecdises, cuja primeira troca se dá ainda dentro do ovo, passando de juvenil de primeiro estágio (J1) para juvenil de segundo estágio (J2). Ao eclodirem, os J2 migram no solo, infectando as raízes da planta hospedeira, estabelecem um sítio de alimentação no parênquima vascular (TAYLOR; SASSER, 1978), tornam-se sedentários e iniciam o processo de parasitismo. Os J2, então, sofrem mais três ecdises, dando origem a J3 e J4 e, finalmente, aos machos e fêmeas adultos (EISENBACK; TRIANTAPHYLLOU, 1991). Ao injetarem secreções nas células do sítio de alimentação, as células ao redor da região anterior de seu corpo, aumentam de tamanho (hipertrofia) e, concomitantemente, ocorre a divisão sucessiva das células corticais, as quais originam engrossamentos nas raízes, vulgarmente conhecidos como galhas (hiperplasia). Os machos adultos completam o ciclo de vida, podendo fecundar as fêmeas, e, abandonam a raiz. As fêmeas tornam-se obesas, produzindo massas de ovos externamente às raízes. Após o término deste ciclo, novos J2 eclodem infectando as raízes ou penetrando nos tubérculos através das lenticelas, estabelecendo novos sítios de alimentação. Os sintomas externos dessa infecção nos tubérculos se tornam visíveis em forma de protuberâncias (galhas) de diferentes tamanhos, vulgarmente conhecidas como “pipocas” (GOMES; SOUZA, 2003).

Perdas causadas pelo nematoide das galhas podem chegar até 100% em áreas de produção de batata, cujos prejuízos vão variar com a cultivar, a época de plantio e o nível de infestação do solo (CHARCHAR, 1995; GOMES; SOUZA, 2003). Sabe-se que a temperatura é considerada um dos fatores mais importantes no ciclo de vida de *Meloidogyne* spp. por afetar a sobrevivência e o parasitismo das diferentes espécies (DICKSON; DE WAELE, 2005). De acordo com Charchar e Moita (2001), a melhor época de cultivo desta solanácea está relacionada com a época de temperaturas mais amenas, baixa umidade do solo e de menor densidade populacional de nematoides. Dessa forma, as maiores perdas são observadas quando a temperatura e umidade do solo são mais elevadas para a maioria das espécies de *Meloidogyne* que infectam a cultura e que ocorrem no Brasil (CHARCHAR, 1995). *M. javanica* completa seu ciclo de vida em torno de 40 dias (WILLIAMS, 1972), em uma faixa de temperatura que varia de 18°C a 31,5°C (CHARCHAR; MOITA, 2001), com produção média de 1000 ovos por fêmea

(GOMES; SOUZA, 2003; PINHEIRO; LOPES, 2011). Em uma única safra de batata pequenas populações iniciais passarão por três ciclos, durante os quais a invasão dos tubérculos pelos juvenis recém eclodidos é contínua, o que causa danos severos (BROWN et al., 2006).

As espécies *M. incognita* e *M. javanica* são capazes de se estabelecerem no cultivo de batata quando a temperatura ainda é baixa, em torno de 18°C, acelerando o ciclo de vida com o aumento da temperatura, o que resulta em maior número de gerações dos nematoides à medida que os cultivos se aproximam do período de verão (CHARCHAR, 1995; CHARCHAR, 1997; CHARCHAR; ARAGÃO, 2005). Em trabalho realizado por Charchar, Oliveira e Moita (2009), na região Central do País, os autores verificaram que *M. incognita* e *M. javanica* levaram 63 dias para completarem o ciclo de vida em cultivar resistente e 56 dias em cultivar suscetível no plantio da seca (Maio-Setembro). Porém, na época das chuvas (Janeiro-Abril), foram necessários 36 dias para os nematoides completarem o ciclo em cultivar resistente e 30 dias em cultivar suscetível. No Rio Grande do Sul, existem duas épocas de plantio, uma no período de outono, e outra, na primavera (PEREIRA et al., 2005). No entanto, para as condições da região sul do Brasil, ainda não se dispõem de dados de campo. Essas informações seriam muito importantes para prospecção de possíveis medidas de manejo em função do ciclo de vida do nematoide das galhas na cultura da batata.

Sabe-se que a utilização de produtos químicos no controle de *Meloidogyne* spp. nas mais diversas culturas é pouco eficiente (ALMEIDA, 1992, DONG; ZHANG, 2006; NUNES; MONTEIRO; POMELA, 2010). Além do mais, esses produtos são altamente tóxicos e com capacidade de acumulação residual nos tubérculos (BROWN; MOJTAHEDI; SANTO, 1991; CHARCHAR, 1995; PINHEIRO; LOPES; HENZ, 2009). O plantio de tubérculos sadios em locais isentos ou com baixas populações do patógeno constitui-se em uma boa forma de reduzir os danos causados pelo nematoide das galhas. Portanto, quaisquer medidas que evitem a disseminação ou restrinjam o desenvolvimento e a reprodução do nematoide podem desfavorecer o patógeno em benefício da planta. Dessa forma, o conhecimento da biologia e evolução da dinâmica populacional dos fitonematoides pode fornecer subsídios para se estabelecer os períodos mais adequados de plantio de uma cultura ou mesmo para realizar levantamentos nematológicos (DINARDO-MIRANDA; SPIRONELLO; MARTINS, 1997).

Dentre as cultivares de batata plantadas no Brasil, a maioria dos genótipos é de origem europeia. Esses materiais foram desenvolvidos em condições climáticas diferentes e, de uma forma geral, não apresentam resistência a *M. javanica* e *M. incognita*, espécies do nematoide das galhas frequentemente associadas aos climas tropical e subtropical, típicos das regiões brasileiras onde se cultiva a batata. Dessa forma, a disponibilidade de materiais resistentes ou menos suscetíveis constitui-se como uma prática de grande importância no manejo do nematoide das galhas além de possibilitar a redução do uso de produtos químicos em áreas infestadas com essas pragas (GRECO 1993; WEINGARTNER; McSORLEY; GOTH, 1993).

Além dos problemas relacionados aos danos causados por fitonematoides na cultura da batata, perdas ainda maiores podem estar associadas a outras pragas e doenças foliares como a requeima [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] no mesmo cultivo. Este oomiceto é considerado um dos patógenos mais destrutivos da batateira por causar necrose nas folhas, hastes e tubérculos, resultando em perdas significativas em regiões que apresentam condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença. Assim, em períodos prolongados de chuva e/ou orvalho e temperaturas abaixo de 20°C (NAZARENO; JACCOUD FILHO, 2003), em poucos dias, a requeima pode dizimar com a cultura (FORBES, 2012; HARRISON, 1992).

Tendo em vista o exposto, objetivou-se com esses estudos: *i*) avaliar a reação de genótipos de batata a *M. javanica* e os respectivos danos em tubérculos, em condições de casa de vegetação; e, *ii*) estudar a dinâmica populacional do nematoide das galhas em área naturalmente infestada em três diferentes períodos de cultivo.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Avaliação da reação de genótipos de batata a *Meloidogyne javanica*

Três cultivares (BRS Ana, BRSIPR Bel e BRS Camila) e sete genótipos de batata (CL02-05, F23.11.06, F32.02.06, F38.03.07, F189.09.06, F23.24.06 e F22.01.08), provenientes do programa de melhoramento da Embrapa, foram avaliadas quanto à resistência genética e danos causados por *M. javanica*, em casa de vegetação (25 ± 5°C).

Como inóculo do nematoide, utilizou-se uma população pura de *M. javanica* (Est J3) altamente agressiva à batata (LIMA-MEDINA, 2013), a qual foi multiplicada e mantida em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) cv. Rutgers, em vasos contendo solo autoclavado, em casa de vegetação.

Plantas individuais de batata obtidas a partir de tubérculos-sementes dos diferentes genótipos, mantidas em vasos com solo esterilizado, foram inoculadas com uma suspensão aquosa contendo 5.000 ovos + juvenis de segundo estágio (J2) de *M. javanica* obtidos conforme metodologia descrita por Hussey e Barker (1973), modificada por Bonetti e Ferraz (1981). Como testemunhas, plantas da cultivar suscetível BRS Ana (LIMA-MEDINA, 2013) foram inoculadas com o mesmo nível de inóculo do patógeno. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições por genótipo.

Decorridos 55 dias da inoculação, as raízes de cada planta foram separadas da parte aérea e avaliadas quanto ao número de galhas no sistema radicular. A seguir realizou-se a extração de ovos + J2 do nematoide das raízes de cada planta (população final), conforme metodologia de Hussey e Barker (1973) modificada por Bonetti e Ferraz (1981) para quantificação e determinação do fator de reprodução ($FR = \text{população final} / \text{população inicial}$) de *M. javanica* (OOSTENBRINK, 1966).

Os tubérculos também foram avaliados quanto ao número de protuberâncias (“pipocas”) presentes em uma área pré-estabelecida de $1,76\text{cm}^2/\text{tubérculo}$, em três tubérculos por repetição, conforme metodologia descrita por Lima-Medina (2013).

Posteriormente, os valores de número de galhas (transformados em $\text{raiz } x+1$), fatores de reprodução e número de protuberâncias foram submetidos a ANOVA, sendo as médias de cada tratamento comparadas entre si pelo teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o software SASM-Agri (CANTERI et al., 2001). Adicionalmente, os genótipos de batata foram classificados de acordo com os valores de FR, considerando-se como resistentes, aqueles genótipos cujo nematoide apresentou $FR < 1,00$ e suscetível com $FR > 1,00$.

2.2.2 Dinâmica populacional de *Meloidogyne javanica* em área naturalmente infestada em diferentes períodos de cultivo com batata

Teve-se por objetivo nesse estudo avaliar a influência de diferentes épocas de plantio sobre o nível populacional do nematoide das galhas em plantas de batata da cultivar suscetível BRS Clara (LIMA-MEDINA, 2013), em condições de campo. O

experimento foi instalado na localidade de Ponte de Cordeiro Farias, interior da cidade de Pelotas-RS, em uma área naturalmente infestada por *M. javanica* Est J3, espécie previamente caracterizada pelo perfil isoenzimático de esterase (CARNEIRO; ALMEIDA, 2001).

O ensaio foi estabelecido em parcelas constituídas por uma linha de plantio de dois metros, da qual foi retirada uma amostra composta de 1000 g de solo para avaliação da populacional inicial do nematoide no solo (JENKINS, 1964). Paralelamente foi realizado um bioteste em casa de vegetação ($25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) com o tomateiro "Rutgers" suscetível a *Meloidogyne* spp. para complementação do cálculo da população inicial do nematoide das galhas de cada amostra.

Logo após, conduziu-se o plantio de 10 tubérculos de batata/parcela com espaçamento de 0,20m entre plantas em três diferentes períodos de cultivo entre os meses de agosto e dezembro de 2013 (20/08 a 23/11; 10/09 a 23/11; e, 30/09 a 07/12). O experimento foi conduzido em blocos ao acaso e constou de três repetições para cada tratamento. Decorrido o período de plantio das batatas, ao final de cada intervalo, os tubérculos de cada parcela foram colhidos e pesados. Amostras de solo (JENKINS, 1964) e de raízes (HUSSEY; BARKER, 1973 modificado por BONETTI; FERRAZ, 1981) de cada parcela, foram processadas para determinação da população final e estimativa do fator de reprodução de *M. javanica* (OOSTEMBRINK, 1966). A seguir, os valores de FR, de peso e de número de tubérculos foram submetidos à ANOVA, sendo as médias dos tratamentos comparados entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SAS (SAS System 9.0, SAS Institute, Cary, NC-USA).

Adicionalmente, dados de temperatura e precipitação da região de estudo provenientes da Estação Meteorológica da Cascata da Embrapa Clima Temperado, foram coletados no período de 20 de agosto a 7 de dezembro de 2013, e encontram-se nas Figuras 1 e 2.

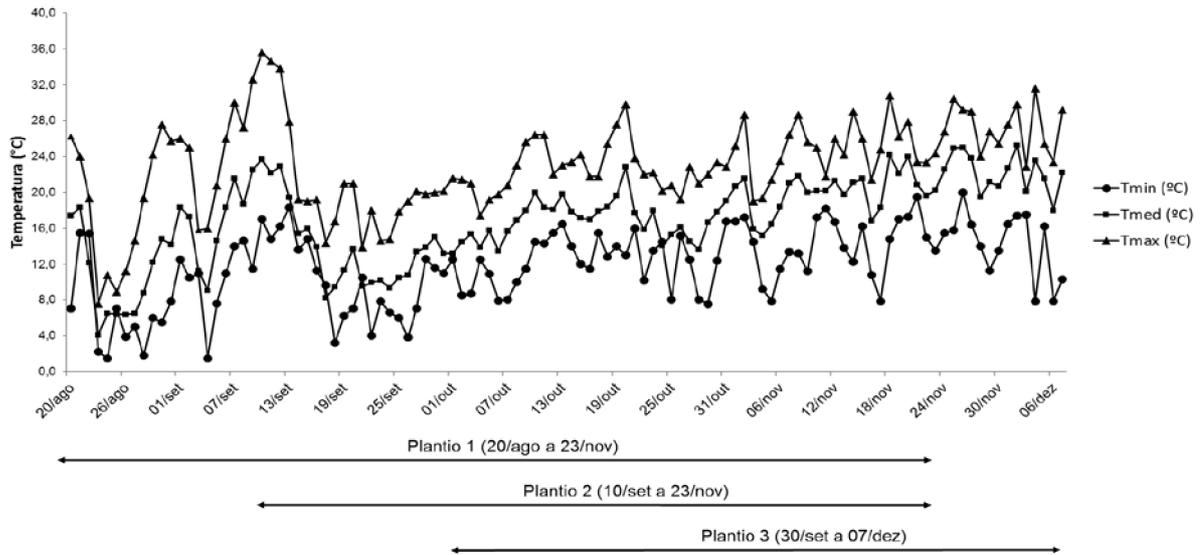


Figura 1 - Dados de temperatura máxima (▲), média (■) e mínima (●) e diferentes períodos de cultivo de batata cv. BRS Clara (20/08 a 23/11/2013; 10/09 a 23/11/2013 e 30/09 a 07/12/2013), em solo naturalmente infestado pelo nematoide das galhas *Meloidogyne javanica*, em condições de campo. Pelotas/RS, 2015.

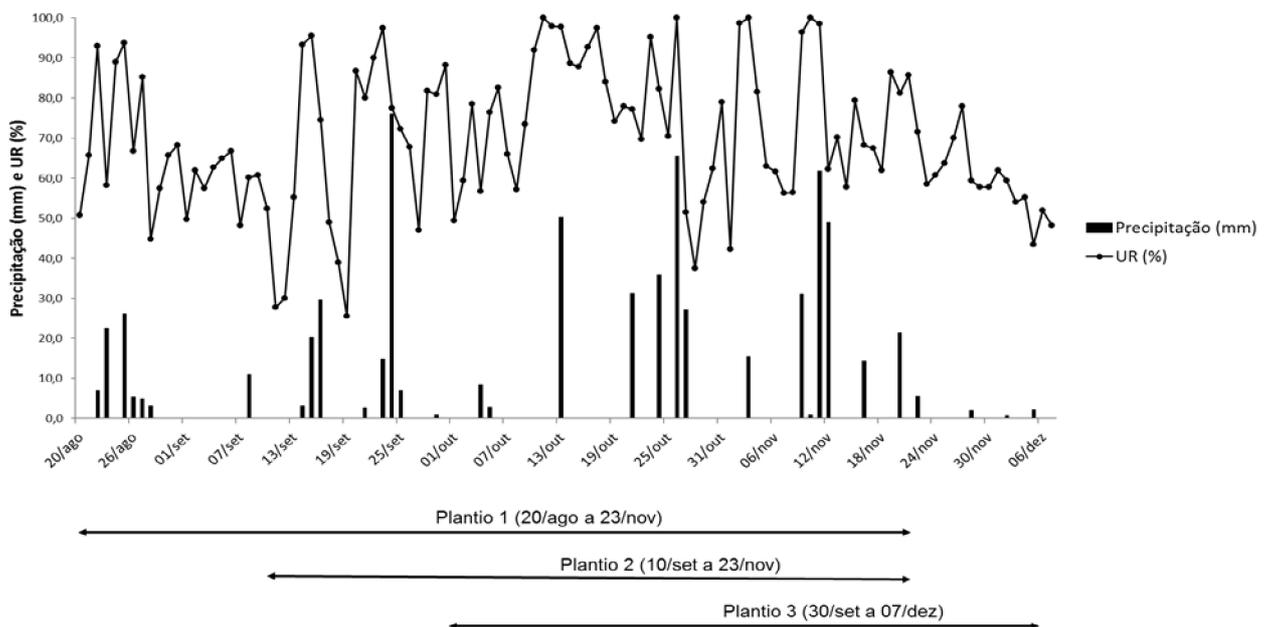


Figura 2- Dados de umidade relativa do ar em porcentagem (●), precipitação pluvial em mm (■) e diferentes períodos de cultivo de batata cv. BRS Clara (20/08 a 23/11/2013; 10/09 a 23/11/2013 e 30/09 a 07/12/2013), em solo naturalmente infestado pelo nematoide das galhas *Meloidogyne javanica*, em condições de campo. Pelotas/RS, 2015.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Avaliação da reação de genótipos de batata a *Meloidogyne javanica*

De acordo com os resultados obtidos nesse estudo, todos os genótipos de batata comportaram-se como suscetíveis à *M. javanica* em comparação a cultivar BRS Ana utilizada como testemunha (Tabela 1). Fatores de reprodução maiores que 1,00 indicam a suscetibilidade dos genótipos avaliados a fitonematoides. Dessa forma, tubérculos produzidos em áreas infestadas, e provenientes de genótipos suscetíveis a *Meloidogyne* sp., podem ter sua qualidade afetada tornando-se impróprios para a comercialização (SILVA; SANTOS, 2007).

Em relação à variável número de galhas, os clones F23.11.06, F189.09.06 e F22.01.08 foram os que apresentaram os maiores danos causados pelo nematoide nas raízes, diferindo significativamente da testemunha suscetível e dos demais genótipos (Tabela 1), porém esses mesmos clones não tuberizaram. Já os clones onde o nematoide apresentou maior fator de reprodução foram F32.02.06, F38.03.07, F23.11.06, F189.09.06 e 23.24.06, sendo os dois primeiros, aqueles nos quais verificaram-se os maiores danos ocasionado por *M. javanica* nos tubérculos (número de protuberâncias).

De uma forma geral, verificou-se correlação positiva altamente significativa entre danos (número de “pipocas”) nos tubérculos e multiplicação (FR) de *M. javanica* nas cultivares avaliadas ($R=0,53$; $P<0,01$), informação esta que corrobora com trabalho semelhante realizado por Lima-Medina (2013) onde avaliou a reação de diferentes cultivares de batata a distintas populações de *M. javanica*. No entanto, apesar de positiva a correlação entre FR e número de galhas, o valor foi baixo ($R=0,24$; $P<0,07$), comparativamente ao referido autor. Contudo, todos os materiais testados nesse estudo mostraram-se suscetíveis ao nematoide das galhas confirmando a patogenicidade dessa espécie à cultura da batata (SILVA, 2009; LIMA-MEDINA, 2013).

Tabela 1 - Fator de reprodução de *Meloidogyne javanica*, número de galhas nas raízes, número de "pipocas" nos tubérculos e reação de 10 genótipos de batata ao nematoide. Pelotas/RS, 2015.

Genótipos	FR	Número de galhas	Número de protuberâncias	Reação
BRS Ana ¹	20,3 b	192,2 b	7,9 d	S
BRSIPR Bel	23,8 b	156,5 b	12,9 c	S
CL02-05	11,3 b	228,3 b	7,5 d	S
BRS Camila	13,3 b	131,8 b	7,2 d	S
F22.01.08	17,8 b	395,2 a	**	S
F23.11.06	28,81 a	414,8 a	**	S
F32.02.06	36,2 a	203,8 b	19,8 a	S
F38.03.07	31,4 a	245,8 b	22,3 a	S
F189.09.06	30,0 a	369,7 a	**	S
F23.24.06	41,3 a	247,3 b	15,5 b	S
CV (%)	37,25	49,41	29,64	

* Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; ** genótipos que não apresentaram tuberização; FR = fator de reprodução; CV = coeficiente de variação; 1 = testemunha suscetível.

A suscetibilidade da testemunha "BRS Ana" a *M. javanica* (Tabela 1), foi primeiramente relatada por Lima-Medina (2013), cujo autor também verificou que essa mesma cultivar é boa hospedeira de *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. ethiopica*, *M. enterolobii* e *M. graminicola*. Da mesma forma, a cv. BRSIPR Bel, apesar de apresentar ótimas qualidades culinárias para a indústria e ser moderadamente resistente à requeima (*Phytophthora infestans*), à pinta-preta (*Alternaria solani*) e ao mosaico e enrolamento da folha, causados respectivamente pelos vírus PVY e PLRV (PEREIRA et al., 2015), também comportou-se como suscetível a *M. javanica* e tubérculos com aparência rugosa em função da sintomatologia (Figura 3). Em relação a outras doenças, não se tem ainda informações sobre o comportamento desta cultivar. A suscetibilidade de BRSIPR Bel ao nematoide das galhas tem sido relacionada em outros trabalhos. Lima-Medina (2013), avaliando a reação desta cultivar a *M. arenaria*, juntamente com outras oito cultivares, verificou que este material genético foi o que mais apresentou reprodução do nematoide.



Figura 3 - Tubérculos da cultivar de batata BRSIPR Bel, provenientes de plantas inoculadas com 5000 ovos + J2 de *Meloidogyne javanica*, apresentando protuberâncias (“pipocas”). Pelotas/RS, 2015.

Lima-Medina (2013) avaliando as cultivares BRS Clara e Ágata quanto ao número de “pipocas” em tubérculos de batata, verificou que os danos ocasionados por *M. javanica* foram maiores quando se tratava de uma espécie mais agressiva. *M. incognita* também pode provocar danos diretos pela formação de protuberâncias em tubérculos de batata, as quais também inviabilizam sua comercialização (SCURRAH; NIERE; BRIDGE, 2005; BROWN; MOJTAJEDI, 2004; TAYLOR; SASSER, 1978). Em trabalho similar, Medina et al. (2014) estudando a reação de cultivares de batata a *M. ethiopica*, verificaram que todas as cultivares estudadas se mostraram suscetíveis ao nematoide. Porém, as cultivares BRS Ana e BRSIPR Bel tiveram menores quantidades de galhas e apresentaram baixo fator de reprodução de *M. ethiopica*. Além disso, tais resultados estão diretamente ligados a ocorrência de infestações que podem ocorrer em outros cultivos com espécies perenes e anuais suscetíveis a essa espécie do nematoide das galhas (SOMAVILLA 2008; MAGUNACELAYA, 2005).

A não tuberação dos genótipos F23.11.06, F189.09.06 e F22.01.08 se deve, muito provavelmente, às condições de temperatura na casa de vegetação ($25^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) durante a condução do ensaio, uma vez que esses materiais não produzem tubérculos em temperaturas acima do ótimo da cultura. De acordo com Levy e Veilleux (2007), a maioria das cultivares comerciais no Brasil, tubereza melhor em

temperaturas médias pouco acima de 15,5°C. A temperatura acima da faixa ideal afeta diretamente o metabolismo das plantas e interage com outros fatores ambientais, tendo assim, efeito significativo no seu desenvolvimento. No caso específico da batata, temperaturas altas não só reduzem a síntese de fotoassimilados essenciais ao desenvolvimento da planta assim como sua partição para os tubérculos (LOPES et al., 2011), afetando a produção e qualidade dos mesmos (PINTO et al., 2010).

Os elevados valores de FR de *M. javanica* verificados nos genótipos demonstram a elevada suscetibilidade da batata a essa espécie do nematoide das galhas. Em trabalho realizado por Charchar e Moita (1997), dos 48 genótipos de batata testados quanto à resistência a *M. javanica*, em campo, apenas a cultivar “Achat” apresentou moderada resistência. Já em casa de vegetação, Silva et al. (2010) avaliaram a reação de sete genótipos de batata a essa mesma espécie e constataram que houve boa reprodução do nematoide, cujos valores de FR variaram entre 1,3 e 50,1. Di Vito et al. (2003) ao testarem a reação de cultivares e acessos silvestres de *Solanum* spp. a *M. arenaria*, verificaram que todos os materiais foram suscetíveis ao nematoide. Já, Lima-Medina (2013) avaliando a reação de 24 genótipos de batata silvestre (*Solanum* spp.) do BAG da Embrapa, apesar de ter observado que a maioria desses genótipos foi suscetível a *M. javanica*, alguns materiais genéticos comportaram-se como resistentes ou moderadamente resistentes ao nematoide. O fato da maioria das cultivares utilizadas serem suscetíveis ao nematoide das galhas, faz com que seja muito importante a escolha do local de plantio, com o intuito de evitar o cultivo em áreas pré-infestadas para que não ocorram futuras perdas na pré e pós-colheita. Considerando que a maioria das cultivares e genótipos de batata cultivados no Brasil é suscetível ao nematoide das galhas e que *M. javanica*, encontra-se amplamente disseminada na maioria das áreas de produção de batata do país (CHARCHAR; MOITA, 1996; SILVA, 2009). Dessa forma, o uso de genótipos como progenitores com alguma resistência em programas de melhoramento de batata pode representar uma importante estratégia no manejo do nematoide.

2.3.2 Dinâmica populacional de *Meloidogyne javanica* em área naturalmente infestada em diferentes períodos de cultivo com batata

De acordo com os resultados apresentados na figura 4, verificaram-se diferenças significativas na reprodução do nematoide das galhas e na produção total de tubérculos entre os períodos de cultivo testados ($P < 0,05$). As maiores taxas reprodutivas de *M. javanica* foram observadas no primeiro cultivo (Figura 4A), onde a temperatura média diária foi mais alta ($24,2^{\circ}\text{C}$) (Figura 1) nos primeiros 20 dias comparativamente aos demais períodos avaliados, o que pode ter favorecido o desenvolvimento e reprodução do nematoide nas raízes das plantas de batata. Com relação a população final do nematoide, não houve diferenças significativas entre as diferentes épocas de plantio (Figura 4B). Já em relação às variáveis massa e número de tubérculos, os valores mais elevados foram obtidos no 1º e 2º cultivos conforme pode ser observado na Figura 4C e 4D, respectivamente.

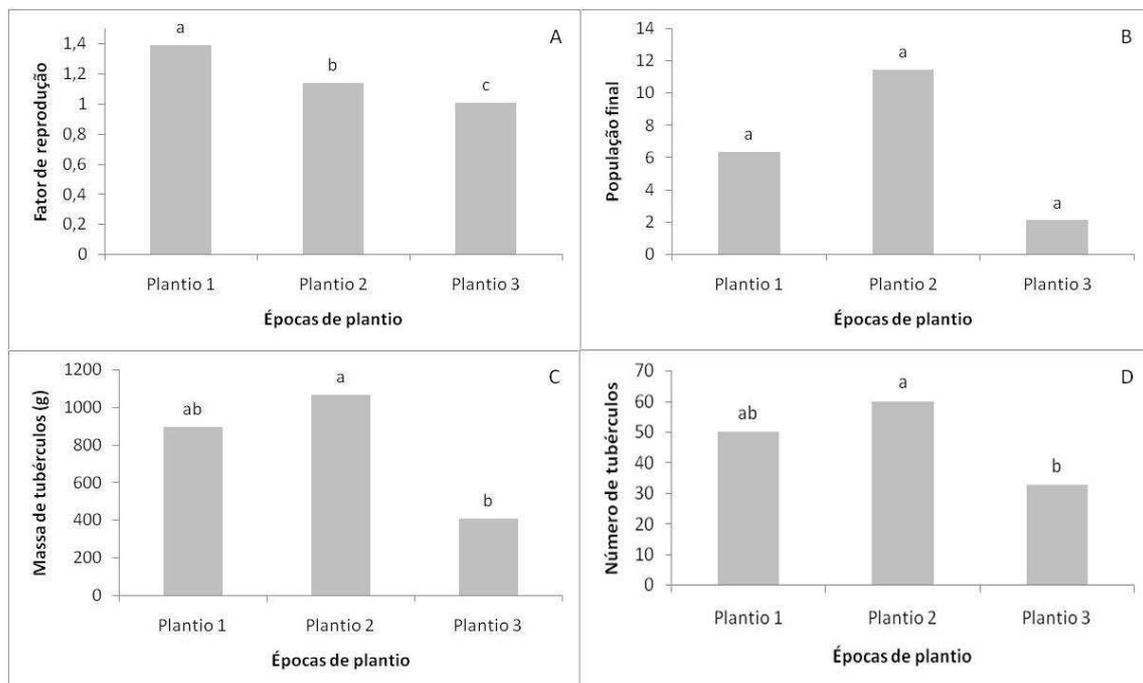


Figura 4 - Fator de reprodução (FR) do nematoide das galhas, *Meloidogyne* spp., em condições de campo (A), população final de nematoides (B), massa (C) e número de tubérculos (D) produzidos por plantas de batata cv. BRS Clara em condições de campo, sob três diferentes períodos de cultivo (período 1: 20/08 a 23/11/2013; período 2: 10/09 a 23/11/2013; e, período 3: 30/09 a 07/12/2013). Pelotas/RS, 2015.

De acordo com Charchar (1995; 1997) e Charchar e Aragão (2005), as espécies *M. incognita* e *M. javanica* são capazes de se estabelecer no cultivo de batata

quando a temperatura ainda é baixa ($\pm 18^{\circ}\text{C}$), porém ocorre o aceleração do ciclo de vida com o aumento da temperatura, o que resulta em maior número de gerações dos nematoides à medida que os cultivos se aproximam do período de verão. Ainda, o fato da população permanecer relativamente baixa no terceiro período pode ser atribuído ao curto tempo de permanência da cultura no campo (67 dias), contribuindo para o menor nível populacional do nematoide das galhas, como observado na Figura 4. Tais resultados corroboram com aqueles obtidos por Santana et al. (2012) na avaliação das populações de *M. incognita* em campo naturalmente infestado e cultivado com hortaliças por 42 dias, verificando-se que os baixos níveis populacionais do nematoide estavam associados as menores temperaturas ocorridas no período.

Outro fator importante na manutenção das populações do nematoide das galhas no solo é a umidade. Os maiores valores de precipitação acumulada foram observados no primeiro período (655,8 mm) em comparação ao segundo e terceiro, (575,6 e 426 mm), conforme Figura 2. Charchar (1990), estudando a biologia de *M. incognita* e *M. javanica* em batata, na estação chuvosa, no Distrito Federal, verificou que ambas espécies completaram o ciclo de vida em 27 dias quando a temperatura do solo variou entre 22°C e 27°C . Entretanto quando as temperaturas oscilaram entre $16,5^{\circ}\text{C}$ e $22,8^{\circ}\text{C}$, na estação seca, os mesmos autores observaram que estas espécies levaram mais de 57 dias para completarem seu ciclo, situação semelhante à observada nesse estudo considerando os parâmetros precipitação e temperatura. Adversamente, Almeida, Campos e D'arc Lima, (1987), estudando a dinâmica populacional de *M. exigua* em cafeeiro, verificaram decréscimo acentuado das populações de nematoides no período chuvoso e aumento no período seco. Porém, em trabalho conduzido por Almeida, Santos e Martins (2010) no patossistema *M. enterolobii* x goiabeira, os autores observaram que a irrigação do pomar proporcionou melhores condições para o desenvolvimento do nematoide em função da manutenção da umidade no solo.

Embora os maiores níveis populacionais do nematoide e valores de precipitação acumulada coincidam com o primeiro período testado, outras variáveis bióticas e abióticas podem também ter afetado a dinâmica populacional de *M. javanica* no solo cultivado com batata. Nesse sentido, a temperatura influi sobre as atividades dos nematoides, tais como, eclosão, desenvolvimento, movimento, reprodução e sobrevivência. A temperatura também pode influenciar no crescimento da planta

hospedeira, produzindo modificações morfológicas e fisiológicas as quais têm influência sobre a atividade e o desenvolvimento dos nematoides (LAUGHLIN; LORDELLO, 1977; CAMPOS et al, 2011).

A menor produção de tubérculos observada no terceiro período de cultivo, aos 68 dias da emergência, dá evidências deste fato estar fortemente relacionado ao fotoperíodo (LEVY; KEDAR, 1985) pelo plantio tardio em relação ao calendário de plantio no Rio Grande do Sul; e, à ocorrência de requeima (*Phytophthora infestans* De Bary) durante o período de tuberização (Figura 5), cuja severidade da doença encontrava-se acima de 75% (REIFSCHNEIDER, 1980). Nesse mesmo período, verificou-se maior número de dias com temperaturas variando entre 16 e 26°C e maior número de horas com UR superior a 90% (WALLIN, 1962), o que pode ter contribuído para a rápida evolução da epidemia, uma vez que tais condições são favoráveis ao oomiceto (ROJAS et al., 2014). Apesar das temperaturas médias diárias máximas obtidas no terceiro cultivo terem sido semelhantes ao primeiro (Figura 1), a redução de 28 dias no ciclo da cultura (até a colheita) pode ter afetado sensivelmente o desenvolvimento e reprodução de *M. javanica* nas plantas de batata, resultando nos menores valores de FR conforme já discutido.



Figura 5 - Severidade de *Phytophthora infestans* em batata cv. BRS Clara em condições de campo, aos 68 dias de emergência, no período de plantio de 30/09 a 07/12/2013. Pelotas/RS, 2015.

De uma forma geral, considerando-se a reação das cultivares de batata a *M. javanica*, observada nesse estudo, todos os materiais genéticos utilizados mostraram-se suscetíveis ao nematoide das galhas. Porém, em relação à reprodução do

nematoide no campo, esperava-se que à medida que houvesse aumento nas temperaturas em função do período de cultivo e proximidade ao verão, aumentasse o dano ocasionado pelo nematoide das galhas nas plantas de batata e conseqüentemente, redução da produção. Conforme já discutido anteriormente, as baixas e atípicas temperaturas dos períodos de plantio mais tardios, fotoperíodo e a elevada UR parecem ser a principal causa na redução do ciclo da cultura no campo e o que pode ter afetado a avaliação dos danos ocasionados pelo nematoide das galhas na cultura.

O sistema ecológico no qual vive o nematoide torna-se uma complexa interação com plantas hospedeiras, microclima, propriedades físicas e químicas do solo, e micro-organismos (LAUGHLIN; LORDELLO, 1977), resultando em dinâmicas populacionais distintas. Levando-se em conta essas inter-relações, Almeida; Santos; Martins (2010) verificaram que elevados níveis populacionais de fitonematoides são frequentemente encontrados em solos úmidos e bem drenados, sendo que os solos saturados não favorecem o aumento da população desses fitopatógenos. Da mesma forma, no período de inverno, ocorre redução da densidade do inóculo de fitonematoides em plantio de batata (STARR; JEGER, 1985). Porém, sabe-se que as condições de plantio, práticas de cultivo e as populações do nematoide tornam-se fatores heterogêneos, o que dificulta a compreensão dos fatores agroecológicos, como por exemplo, a interação *M. hapla* x batata (MELAKEBERHAN et al., 2007). Em outro trabalho, Wesemael et al. (2014) estudando o patossistema *M. minor* x batata, em condições de campo, na Bélgica, verificaram que o nematoide levou 35-42 dias para completar seu ciclo de vida a uma temperatura de 22,3°C. Comparativamente, *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* e *M. javanica* levaram respectivamente 36, 43, 37 e 43 dias para completar o ciclo a 21°C em lavouras conduzidas a campo na Califórnia (PLOEG; MARIS, 1999). Porém, para as condições do sul do País, pouco tem sido explorado sobre a relação entre a presença do nematoide das galhas e os danos causados em tubérculos.

Mesmo que seja feito o manejo de doenças foliares e de outras pragas em uma lavoura de batata, o controle do nematoide das galhas em áreas infestadas normalmente é mais árduo por se tratar de um organismo habitante do solo, que sob condições favoráveis de temperatura e umidade, multiplica-se com rapidez, permanecendo protegido da ação de agrotóxicos (PINHEIRO; LOPES; HENZ, 2009). Nesse contexto, o controle efetivo de fitonematoides envolve a integração de várias

medidas. Dentre as principais para este trabalho, o plantio em épocas não favoráveis ao desenvolvimento e reprodução do fitonematoide e uso da resistência genética, que por sua vez visam o baixo risco à saúde humana e menor custo de produção, visto que, também não há poluição do meio ambiente (PINHEIRO; LOPES; HENZ, 2009).

Frente aos resultados encontrados neste trabalho, há a necessidade de mais investigações visando estudar a dinâmica populacional do nematoide das galhas. Entretanto, houve interferência de fatores que influenciaram de forma negativa na obtenção dos resultados, como por exemplo, a incidência da requeima (Figura 5). Assim, há a necessidade de avaliarem-se mais épocas e locais de plantio de batata, em associação com cultivares menos suscetíveis ao nematoide das galhas, além de se controlar fatores externos como a incidência de outras doenças que venham a comprometer a cultura.

2.4 Conclusão

- Cultivares (BRS Ana, BRSIPR Bel e BRS Camila) e clones (CL02-05, F23.11.06, F32.02.06, F38.03.07, F189.09.06, F23.24.06 e F22.01.08) de batata da Embrapa são suscetíveis ao nematoide das galhas *M. javanica* sendo observado os menores danos em tubérculos dos genótipos que apresentaram menores índices de reprodução do nematoide;

- As populações do nematoide das galhas em áreas naturalmente infestadas por *M. javanica* e cultivadas com batata, são influenciadas pelo período de cultivo.

3 CAPÍTULO II - Qualidade de tubérculos de batata infectados com diferentes níveis de inóculo de *Meloidogyne javanica*

3.1 Introdução

Diferentes fitonematoides são responsáveis por perdas significativas na cultura da batata, tanto em regiões de clima tropical, subtropical como temperado (VOVLAS et al., 2005). Dentre os fitonematoides que afetam à cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), no Brasil, o nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) é o mais frequente nas diferentes regiões de cultivo, sendo *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood a espécie de maior ocorrência (CHARCHAR, 1997; SILVA, 2009; LIMA-MEDINA, 2013). *M. javanica* é uma espécie polífaga e está amplamente dispersa em áreas cultivadas em diferentes culturas anuais e perenes do território brasileiro (CHARCHAR; MOITA, 2001; CASTRO; SOUZA; CARNEIRO, 2003; COFCEWICZ et al., 2004; SILVA, 2009), cuja frequência em lavouras de batata infectadas pelo nematoide das galhas na região Sul, é de, aproximadamente, 98% (LIMA-MEDINA, 2013).

Uma vez estabelecido o plantio dos tubérculos de batata em uma área infestada pelo nematoide das galhas, juvenis de segundo estágio (J2) de *Meloidogyne* spp. que se encontram no solo, penetram nas raízes das plantas suscetíveis e estabelecem um sítio de alimentação. Ao penetrarem na raiz do hospedeiro, os J2 se locomovem até a região do cilindro vascular e liberam secreções esofagianas, induzindo a formação de células multinucleadas e hipertrofiadas, conhecidas como células gigantes (HUANG, 1985) que, devido a sua alta atividade metabólica, estimulam a mobilização dos fotoassimilados da parte aérea para as raízes (CARNEIRO; MAZZAFERA; FERRAZ, 1999), onde o nematoide atua como um dreno metabólico. Concomitante a esse evento, ocorre o processo de hiperplasia

pelo aumento do número de células à volta do sincício, caracterizando assim, a formação das galhas (hipertrofia) nas raízes e tubérculos parasitados, resultado do aumento no número e tamanho de células dessa região. A duração do ciclo de vida do nematoide das galhas depende da sua espécie e das condições ambientais ocorrentes no local (GOMES; SOUZA, 2003). No solo, tais organismos infectam o sistema radicular das plantas, podendo assim, interferir severamente no desenvolvimento, qualidade e rendimento dos tubérculos produzidos (WILLIAMS, 1972).

Raízes e tubérculos de plantas de batata atacadas por *Meloidogyne* spp. exibem numerosas galhas e massas de ovos (SILVA; SANTOS, 2007). Em uma única safra, pequenas populações iniciais passarão por três ciclos, durante os quais a invasão dos tubérculos pelos juvenis recém eclodidos é contínua, o que causa danos severos (BROWN et al., 2006). Como consequência, tubérculos injuriados pelo nematoide perdem qualidade, e não são comercializáveis; além disso, constituem-se como fonte de inóculo do patógeno caso sejam usados como batata-semente, contribuindo para o aumento da população no local infestado uma vez que a maioria dos produtores ainda prefere deixá-lo na terra a arcar com os custos da colheita, já que estes não se prestam a comercialização (SILVA; SANTOS, 2007; TORDABLE; LAX; DOUCET, 2008).

No Brasil, a principal forma de consumo da batata é *in natura*. Conseqüentemente, a aparência geral, formato, tamanho e cor da periderme dos tubérculos influenciam diretamente na escolha feita pelos consumidores (SILVA; SANTOS, 2007). Dessa forma, tubérculos infectados são normalmente rejeitados, inclusive pela indústria, devido ao aspecto visual das “pipocas” presentes. Visando o abastecimento das indústrias de batata frita, características como alto teor de matéria seca, “olhos” pouco profundos e baixo teor de açúcares redutores são as mais importantes (SILVA; SANTOS, 2007). Não existem trabalhos na literatura relacionados à qualidade visual e/ou sensorial de tubérculos infectados pelo nematoide das galhas. Apenas existem relatos de que tubérculos injuriados por estes nematoides possuem sua qualidade reduzida, em função da infecção causada (SILVA; SANTOS, 2007).

Entre os parâmetros que influenciam a qualidade de tubérculos para a industrialização, os teores de matéria seca e de açúcares redutores têm grande importância por serem atributos responsáveis pelo rendimento e qualidade do

produto processado, determinando a absorção de gordura durante a fritura, a textura e o sabor do produto final (SILVA, 1991; CAPEZIO et al., 1992;1993). Desta forma, batatas destinadas para fritura devem apresentar teores de matéria seca superiores a 20% e correspondentes baixos teores de açúcares redutores para que se tenha uma boa qualidade do produto processado (BRODY, 1969). Sabe-se que o escurecimento e o sabor amargo condicionam a rejeição do produto final pelos consumidores (PÁDUA et al., 2012; ARAUJO, 2014).

Com relação à defesa da planta em resposta ao ataque de nematoides, os compostos fenólicos são substâncias originadas do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além disso, se formam em condições de estresse como infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (NACZK; SHAHIDI, 2004). Nesse processo, também ocorre a síntese de compostos antioxidantes, que podem ser classificados em primários e secundários, onde os compostos fenólicos se encaixam como antioxidantes primários (SHAHIDI; JANITHA; WANASUNDARA, 1992) que atuam interrompendo a cadeia da reação através da doação de elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis e/ou reagindo com os radicais livres, formando o complexo lipídio-antioxidante que pode reagir com outro radical livre (ADEGOKE et al., 1998). Porém, até o momento, sabe-se pouco sobre a interferência dos danos ocasionados pelo nematoide das galhas sobre a qualidade de tubérculos e suas características físicas e bioquímicas.

A partir do exposto e considerando-se a falta de informações a respeito da influência do nematoide das galhas sobre danos e aspectos químicos e bioquímicos relacionados à qualidade de tubérculos infectados por *M. javanica*, objetivou-se, com esse estudo avaliar o efeito de diferentes níveis de inóculo do nematoide sobre a sua reprodução, danos, sobre parâmetros de desenvolvimento das plantas, alterações químicas e bioquímicas em tubérculos de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara.

3.2 Material e métodos

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação e nos laboratórios de Fitopatologia, Núcleo de Alimentos e Fisiologia Vegetal da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas-RS.

O inóculo foi proveniente de uma população pura de *M. javanica* (Est J3) agressiva à batata (LIMA-MEDINA, 2013), a qual foi multiplicada e mantida em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) cv. Rutgers, em vasos com solo autoclavado, em casa de vegetação a $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

3.2.1 Avaliação da influência de diferentes níveis populacionais de *Meloidogyne javanica* sobre parâmetros de desenvolvimento de plantas de batata, reprodução do nematoide e danos causados nos tubérculos

Tubérculos-semente de batata das cultivares BRS Clara (salada), BRSIPR Bel e Asterix (fritura), suscetíveis a *M. javanica* (LIMA-MEDINA, 2013), foram plantados em vasos de 4,5L contendo solo esterilizado, em casa de vegetação a $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, no período de 8 de fevereiro a 29 de abril de 2013. Sete dias após a emergência, cada planta de batata foi inoculada com 5.000, 2.500, 1.250 ou 625 ovos + J2 de *M. javanica*, sendo a testemunha composta por plantas não inoculadas. O ensaio foi montado em esquema fatorial (3 x 5) em delineamento completamente ao acaso constando de dez repetições de uma planta por vaso para cada tratamento.

Decorridos 30 dias da inoculação, cada planta foi avaliada quanto aos índices de clorofila “a”, “b” e total a partir de duas medidas nas 4^o e 5^o folhas, totalizando quatro medidas por planta, em cinco repetições por tratamento, com o auxílio do equipamento Clorofilog (CFL1030) versão 1.11.

Setenta dias após a inoculação, as raízes de cada planta foram separadas da parte aérea, para avaliação da massa fresca de ambas as partes, sendo as raízes também avaliadas quanto ao número de galhas. A seguir, cada sistema radicular foi triturado em liquidificador com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% para a extração dos ovos e J2 (juvenis de segundo estágio) do nematoide (HUSSEY; BARKER, 1973) para posterior quantificação da suspensão obtida em lâmina de Peters, sob microscópio estereoscópico. A partir dos valores de número de ovos + J2, em cada repetição, determinou-se o fator de reprodução (FR= população final/população inicial) do nematoide (OOSTENBRINK, 1966) por sistema radicular. Adicionalmente, os tubérculos foram avaliados quanto ao número, massa fresca e ao número de protuberâncias (número de galhas/1,76cm²) conforme metodologia descrita por Lima-Medina (2013).

3.2.2 Avaliação da influência de diferentes níveis populacionais de *Meloidogyne javanica* sobre a qualidade dos tubérculos infectados

Tubérculos provenientes do experimento conduzido em casa de vegetação (3.2.1) foram submetidos a diferentes análises químicas e físicas conforme métodos descritos abaixo.

3.2.2.1 Análises do conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante

3.2.2.1.1 Compostos fenólicos

Para avaliar o conteúdo de compostos fenólicos totais dos tubérculos provenientes dos diferentes tratamentos, foi utilizada uma adaptação do método de Swain; Hillis (1959), onde 200µL de amostra de cada repetição, obtido a partir de 5g de polpa, 50µL de metanol, 4mL de água ultrapura e 250µL do reagente de Folin-Ciocalteu (0,25N), foram adicionados em um tubo Falcon e misturados vigorosamente por quatro minutos. Logo após, 500µL de carbonato de sódio (1N) foram adicionados à cada uma das amostras, as quais foram agitadas separadamente em vortex e, imediatamente, incubadas por duas horas no escuro, a temperatura ambiente. A avaliação se deu pela leitura da absorbância de cada amostra em espectrofotômetro, em um comprimento de onda de 725nm.

3.2.2.1.1 Atividade antioxidante

Para a quantificação da atividade antioxidante, utilizou-se uma adaptação do método de Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), onde 50µL da amostra de cada repetição, obtida a partir de 2,5g de polpa, e 150µL de metanol foram adicionados a 3800µL de DPPH (2,2-difenil-1-picrihidrazina) diluídos em tubos Falcon com capacidade para 15mL. Estes tubos foram agitados em vortex e logo após, permaneceram em descanso para reação no escuro e à temperatura ambiente por 24h. A avaliação se deu pela leitura da absorbância de cada amostra em espectrofotômetro, em um comprimento de onda de 515nm.

3.2.2.2 Análises físicas e bioquímicas

3.2.2.2.1 Teor de matéria seca

Primeiramente, cápsulas de porcelana foram inseridas em estufa a vácuo a 60°C por tempo indeterminado até atingir peso constante, sendo a seguir retiradas e resfriadas em dessecador por 1h. Subsequentemente, as cápsulas foram pesadas e então receberam as amostras, as quais foram fragmentadas por quarteamento e, novamente colocadas em estufa a 60°C. Após 24h, as amostras foram retiradas da estufa, transferidas para um dessecador e pesadas até atingirem massa de matéria seca constante.

3.2.2.2.2 Teores de amido, açúcares não redutores e açúcares redutores

Para determinação dos teores de carboidratos, utilizou-se a metodologia de Lane Enyon citado na AOAC (1990) e identificadas pelo método de Somogyi, modificado por Nelson, 1944. Amostras de tubérculos de cada tratamento foram lavadas e deixadas a temperatura ambiente até a secagem. Posteriormente, os tubérculos foram fatiados e mergulhados em solução de bissulfito de sódio por 1min., sendo então secos em estufa com circulação de ar a 60°C por três dias. Logo em seguida, as fatias desidratadas de cada repetição foram moídas e armazenadas a 4°C.

A seguir, 4g de cada uma das amostras desidratadas e moídas foram pesadas em cápsula de porcelana e logo após, tratadas com cinco porções de 20mL de éter etílico, cujo sobrenadante foi descartado após a decantação. O material desengordurado obtido foi seco a temperatura ambiente, e, na sequência, transferido para um Erlenmeyer de 250mL, com auxílio de 100mL de álcool etílico 70%. Logo após, o mesmo foi adicionado de 0,25g de carbonato de cálcio, sob agitação, e colocado em banho-maria por 1h a temperatura de 83°C a 85°C, usando-se um funil comum invertido, sendo o mesmo deixado em repouso por 15h. Decorrido o período de descanso, o extrato foi transferido para um tubo de centrifuga, onde seu volume foi completado para 100mL com álcool etílico 95%, e centrifugado a 1500 rpm por 15min. Posteriormente, o sobrenadante foi recolhido para determinação de açúcares redutores e não redutores, sendo o precipitado, utilizado para análise de amido. Este processo foi repetido mais duas vezes, onde extrato foi lavado com 25mL de álcool etílico 95%.

3.2.2.2.1 Teores de amido

Para análise dos teores de amido dos tubérculos de batata, utilizou-se o resíduo obtido da centrifugação (item 3.2.2.2.2) o qual foi transferido para um Erlenmeyer de 250mL utilizando-se 60mL de água destilada e 6mL de ácido clorídrico. A seguir, a suspensão foi agitada e levada ao banho-maria por 2,5h a temperatura de 83°C a 85°C para hidrólise ácida. A seguir, realizou-se a neutralização do extrato com NaOH 24N, cujo volume final foi completado com água destilada em balão volumétrico de 100mL e filtrado em papel filtro Whatman, com auxílio de uma bomba de vácuo, onde o extrato foi diluído 100 vezes e desproteinizado.

Os extratos obtidos para análise de amido, e também para glicose e sacarose, foram primeiramente desproteinizados a partir das soluções de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0,3 N e ZnSO_4 5%, com posterior centrifugação a 3000 rpm por 10min. Recolheu-se o sobrenadante proveniente da centrifugação, e, a partir de 2mL desse volume, foi adicionado 1mL de reativo cúprico, sendo a mistura mantida em banho-maria, em temperatura de aproximadamente 100°C por 20min. Logo após, os extratos foram postos em banho de gelo e foram acrescidos de 1mL de reativo arseno molibídico e 6mL de água destilada, os quais ficaram em repouso por 10 minutos. A seguir, procedeu-se à leitura das amostras, em espectrofotômetro, a partir de uma curva padrão de glicose pré-estabelecida a 510nm, sendo os resultados expressos em porcentagem.

3.2.2.2.2 Teores de glicose

Para análise dos teores de glicose, utilizou-se o sobrenadante obtido da centrifugação (item 3.2.2.2.2), o qual foi transferido para um Becker e mantido em banho-maria por 70°C até completa evaporação do álcool. Decorrido esse intervalo de tempo, o resíduo foi tratado com 50mL de água destilada e levado ao banho-maria novamente onde permaneceu por 70°C por 5 min. Após o resfriamento do material, o volume foi completado para 50mL em balão volumétrico e imediatamente desproteinizado.

3.2.2.2.3 Teores de sacarose

Para análise dos teores de sacarose, 20mL do extrato de glicose, obtido conforme item 3.2.2.2.2, foi transferido para um Becker, onde foi adicionado 0,5mL de ácido clorídrico concentrado P.A. e levado ao banho-maria em água fervente por 10 minutos para hidrólise ácida. Após o resfriamento natural da solução, procedeu-se sua neutralização com solução saturada de carbonato de sódio, cujo volume do extrato obtido foi ajustado para 50mL e desproteínizado.

3.2.3 Análises estatísticas dos dados

Os valores das diferentes variáveis, obtidos nas diferentes análises, foram submetidos a ANOVA, sendo as médias dos tratamentos comparadas entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade, pelo programa estatístico SAS® (SAS 9.3, SAS Institute, Cary, North Carolina, USA). Complementarmente, os valores das diferentes variáveis foram correlacionados entre si pela análise de correlação de Pearson.

3.3 Resultados e discussão

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, verificou-se interação significativa entre os fatores cultivar de batata e nível de inóculo de *M. javanica* para as variáveis número de galhas, número de “pipocas”, fator de reprodução, massa fresca da parte aérea e da raiz.

Analisando-se a interação entre os tratamentos relacionados à variável número de galhas, observou-se que para as três cultivares de batata em estudo, os níveis mais elevados de inóculo (2500 e 5000 ovos + J2 de *M. javanica*/planta) resultaram em maior número de galhas no sistema radicular das plantas. Quando avaliada a mesma variável, dentro de cada nível de inóculo do nematoide, “Clara” apresentou menor número de galhas nas raízes ($P < 0,05$) no menor nível de inóculo, não havendo diferença significativa entre as cultivares para as demais classes de inóculo, onde o *M. javanica* causou mais engrossamentos (Tabela 1).

Em relação aos danos causados por *M. javanica* nos tubérculos, maior número de “pipocas” por unidade de área, foi observado principalmente na cv. BRSIPR Bel para a maioria dos níveis de inóculo testados, observando-se aumento na intensidade do nível de dano/tubérculo a partir de 1250 ovos+ J2 do nematoide.

Elevado número de “pipocas” foi verificado nos tubérculos da cv. Asterix independentemente do nível de inóculo do nematoide (Tabela 1, Figura 1).

Avaliando-se a reprodução do nematoide das galhas, verificou-se uma tendência na redução dos valores de FR com o aumento do nível de inóculo nas três cultivares de batata testadas. Assim, nos tratamentos com 625 nematoides/planta foram verificadas as maiores taxas de reprodução de *M. javanica*. No entanto, quando analisados os valores de FR dentro de cada nível, maior reprodução do nematoide foi verificada na cv. Asterix, exceto no nível de inóculo 5000, não havendo diferença significativa entre as cultivares (Tabela 1).

Analisando-se os valores de massa fresca da parte aérea (MFPA) entre as cultivares, verificou-se influência negativa do maior nível de inóculo de *M. javanica* sobre “Asterix” e “Bel”; no entanto, comparando-se o efeito dos tratamentos dentro de cada cultivar, observou-se redução da MFPA apenas em “BRSIPR Bel” com o maior nível de inóculo (5000 nematoides/planta). Em relação à massa fresca da raiz, dentro das cultivares, observou-se redução da massa fresca de raiz em “BRS Clara” quando utilizou-se nível de inóculo igual ou maior que 1250 J2 + ovos de *M. javanica* comparativamente aquelas plantas não inoculadas; já para “Bel” e “Asterix” não foi possível detectar diferença entre os tratamentos com e sem nematoides (Tabela 1).

Para as variáveis número e massa de tubérculos, houve efeito significativo somente para o fator cultivar independentemente do nível de inóculo testado (Tabela 2), onde as cultivares Asterix e BRSIPR Bel resultaram em maior número de tubérculos; e, BRSIPR Bel e BRS Clara, maiores valores de massa de tubérculos ($P < 0,05$).

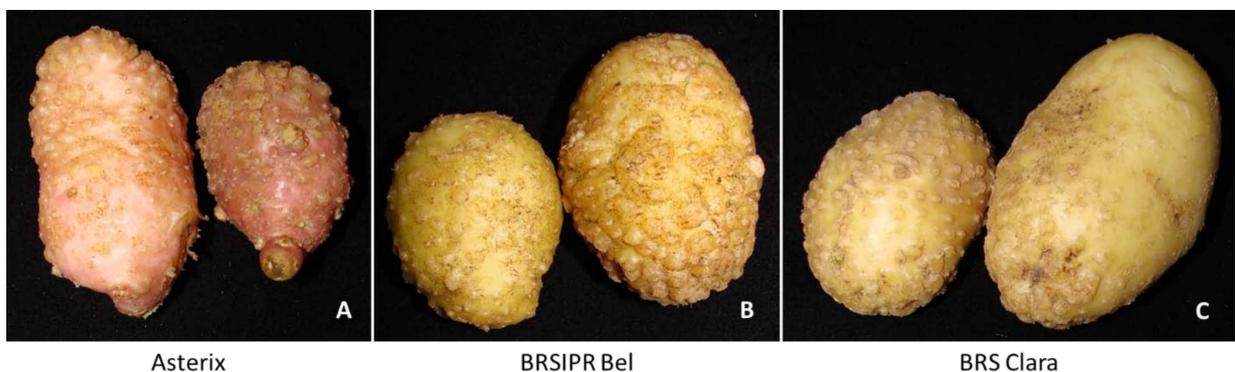


Figura 1 - Tubérculos de batata com "pipocas" provenientes de plantas inoculadas com 5000 ovos + J2 de *Meloidogyne javanica* nas cultivares: A – Asterix, B – BRSIPR Bel, C – BRS Clara. Pelotas/RS, 2015.

Tabela 1 - Número de galhas, número de “pipocas” e fator de reprodução (FR) do nematoide das galhas, e massa fresca de parte aérea e do sistema radicular de plantas de batata cvs. Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara, 70 dias após a inoculação com diferentes níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 e 5000 ovos + J2/planta) de *Meloidogyne javanica*. Pelotas/RS, 2015.

Níveis de inóculo	Número de galhas					Número de “pipocas”/1,76cm ²					FR	
	Asterix	BRSIPRBel	BRS Clara	CV(%)	Asterix	BRSIPRBel	BRS Clara	CV(%)	Asterix	BRSIPRBel		BRS Clara
0	0,00Ad	0,00Ad	0,00Ae	0	0,00Ab	0,00Ad	0,00Ab	35,14	0,00Ad	0,00Ae	0,00Ad	35,14
625	44,30Ac	31,80ABc	23,80Bd	20,62	9,73Aa	6,83Bc	1,63Cb	41,77	35,57Aa	21,70Ba	15,63Ba	38,64
1250	46,00Ac	40,30Ac	36,90Ac	15,01	9,27ABa	11,33Aab	7,50Ba	30,35	18,03Ab	16,03ABb	11,73Bb	32,83
2500	69,20Ab	56,80Ab	60,00Ab	12,89	11,27Aa	12,20Aa	7,67Ba	32,84	12,17Abc	7,04Bd	8,42Bc	30,90
5000	95,90Aa	88,78Aa	103,20Aa	11,69	11,57Aa	9,26ABbc	8,37Ba	31,54	9,36Ac	10,98Ac	9,85Abc	26,75
C.V. (%)	17,89	13,49	14,85	---	31,71	37,32	46,77	---	46,64	36,60	36,94	
Níveis de inóculo	Massa fresca parte aérea (g)					Massa fresca raiz (g)						
	Asterix	BRSIPRBel	BRS Clara	CV(%)	Asterix	BRSIPRBel	BRS Clara	CV(%)	Asterix	BRSIPRBel	BRS Clara	CV(%)
0	226,00Aa	245,50Aab	252,00Aa	14,50	46,42Aa	31,61Ba	39,08ABa	31,06				
625	264,00Aa	264,50Aa	230,00Aa	16,75	35,26Aa	32,10Aa	32,17Aab	41,37				
1250	225,00Aa	251,00Aa	229,00Aa	20,56	34,53Aa	29,95Aab	24,78Ab	42,80				
2500	229,00Aa	217,50Abc	230,50Aa	17,18	31,22Aa	28,09Ab	25,01Ab	27,93				
5000	208,00Ba	209,81Bc	247,50Aa	13,39	26,49Aa	28,29Ab	30,49Ab	25,74				
C.V. (%)	20,12	13,99	12,53	---	48,15	21,37	25,61	---				

Médias seguidas por letras iguais e maiúsculas, na mesma linha, e, minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%; CV = Coeficiente de Variação; FR = fator de reprodução.

Tabela 2 – Número e massa fresca de tubérculos de batata nas cvs. Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara independentemente dos níveis de inóculo de *Meloidogyne javanica* testados (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2 do nematoide/planta). Pelotas/RS, 2015.

Cultivares	Número de tubérculos	Massa fresca de tubérculos (g)
Asterix	8,92 A*	180,71 B
BRSIPR Bel	7,88 A	246,52 A
BRS Clara	6,24 B	229,60 A
CV (%)	35,29	22,87

*Médias seguidas por letras iguais e maiúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%; CV = Coeficiente de Variação.

Com relação a interferência do nematoide das galhas sobre as características bioquímicas dos tubérculos de batata, foi possível observar interação significativa entre cultivar e nível de inóculo para as variáveis compostos fenólicos, atividade antioxidante, amido, glicose e sacarose, conforme dados apresentados nas Tabelas 3 e 4. Apesar de ter sido verificado diferença entre as cultivares para essa mesma variável nos níveis de inóculo 625 e 1250, essas respostas podem estar relacionadas principalmente às características dos genótipos do que ao efeito dos tratamentos, uma vez que nas plantas não inoculadas também foram verificadas diferenças significativas. No entanto, a partir de 2500 ovos + J2 de *M. javanica* inoculados por planta, não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares dentro de cada classe (Tabela 3). No entanto, percebeu-se redução no conteúdo de compostos fenólicos nos tubérculos de “Asterix” e “Clara” com o aumento do número de nematoides inoculados (Tabela 3).

Maior atividade antioxidante foi encontrada em tubérculos de batata da cultivar Asterix no maior nível de inóculo (5000 ovos + J2 de *M. javanica*/planta), e no menor nível de inóculo de “Clara” (625 ovos + J2 de *M. javanica*/planta). Entretanto, entre as cultivares, verificou-se aumento significativo na atividade antioxidante dos tubérculos cujas plantas foram inoculadas com os maiores níveis de inóculo (2500 e 5000 ovos + J2 de *M. javanica*/planta) Analisando-se a mesma variável, dentro de cada cultivar, foi possível observar efeito significativo apenas para a cultivar Asterix, verificando-se maior atividade em plantas inoculadas com mais de 1250 nematoides (Tabela 3).

Em relação aos teores de amido, não foi possível detectar diferenças significativas entre os distintos níveis de inóculo testados nas cultivares Asterix e BRSIPR Bel; entretanto, redução no teor desse carboidrato foi observado nos tubérculos de todos os tratamentos da cultivar BRS Clara cujas plantas foram inoculadas com *M. javanica* em relação à testemunha, conforme Tabela 4. Apesar das plantas da cultivar BRSIPR Bel inoculadas com 1250 nematoides terem apresentado maior teor de amido nos tubérculos em relação as outras duas cultivares; para os demais níveis de inóculo, as três cultivares não diferiram entre si significativamente.

Em relação aos teores de glicose, verificou-se aumento no conteúdo desse carboidrato nos tubérculos dos tratamentos nos quais testaram-se os níveis de inóculo mais elevados, porém esse efeito foi gradual e variável com a cultivar avaliada (Tabela 4). Já para os teores de sacarose, maior conteúdo foi detectado nas cvs. Asterix e Bel, independentemente do nível de inóculo. No entanto, na análise por cultivar, verificou-se aumento nos teores de sacarose nos tubérculos da cv. Clara a partir de 1250 ovos + J2 de *M. javanica* inoculados/planta (Tabela 4). Pelas análises de correlação, independentemente da cultivar, verificou-se o quanto os teores de glicose influenciam na qualidade do produto. Na cultivar Asterix, os teores de glicose apresentaram correlações positivas significativas com nível de inóculo ($R=0,65$; $P<0,05$), galhas nas raízes ($R=0,56$; $P<0,05$), número de “pipocas” nos tubérculos ($R=0,63$; $P<0,05$); e, correlações negativas com índice de clorofila “a” ($R=-0,75$; $P<0,05$), clorofila “b” ($R=-0,57$; $P<0,05$), clorofila total ($R=-0,47$; $P<0,05$), massa fresca de raízes ($R=-0,54$; $P<0,05$), massa fresca da parte aérea ($R=-0,59$; $P<0,05$) e massa de tubérculos ($R=-0,56$; $P<0,05$). Na cultivar BRSIPR Bel, houve correlação positiva com os teores de sacarose ($R=0,61$; $P<0,05$) e negativa com massa fresca de parte aérea ($R=-0,45$; $P<0,05$). E por último, a cultivar BRS Clara apresentou correlações positivas de glicose com nível de inóculo do nematoide ($R=0,61$; $P<0,05$), galhas nas raízes ($R=0,53$; $P<0,05$), número de “pipocas” nos tubérculos ($R=0,52$; $P<0,05$), teores de sacarose ($R=0,89$; $P<0,05$) e, correlações negativas com índice de clorofila “a” ($R=-0,40$; $P<0,05$), clorofila “b” ($R=-0,45$; $P<0,05$) e clorofila total ($R=-0,44$; $P<0,05$).

Tabela 3 – Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante em tubérculos de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara, 70 dias após a inoculação com diferentes níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2/planta) de *Meloidogyne javanica*. Pelotas/RS, 2015.

Níveis de inóculo	Compostos Fenólicos (mg de ácido clorogênico/100g de massa fresca)			Atividade Antioxidante (µg trolox/g de massa fresca)				
	Asterix	BRSIPR Bel	BRS Clara	CV(%)	Asterix	BRSIPR Bel	BRS Clara	CV(%)
0	260,59Aa	206,85Ba	194,74Bab	11,69	347,92Ab	357,15Aa	268,38Aab	26,31
625	229,90Bab	195,50Ba	275,59Aa	10,77	301,93Bbc	334,52Ba	406,32Aa	11,95
1250	223,09Ab	188,02Ba	194,63ABb	8,91	278,60ABC	320,69Aa	248,27Bb	13,33
2500	204,65Ab	198,38Aa	197,24Ab	11,73	327,96Abc	286,83Ba	236,98Cb	4,50
5000	211,32Ab	197,55Aa	186,07Ab	10,35	403,58Aa	259,85Ba	203,78Bb	21,27
CV(%)	9,56	8,69	13,50		10,56	23,60	16,32	

Médias seguidas por letras iguais e maiúsculas, na mesma linha, e, minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%; CV = Coeficiente de Variação.

Tabela 4 – Conteúdo de amido, glicose e sacarose em tubérculos produzidos por plantas de batata de cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara, 70 dias após a inoculação com diferentes níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2/planta) de *Meloidogyne javanica*. Pelotas/RS, 2015.

Níveis de inóculo	Amido (g de amido/100g de amostra)				Glicose (g de glicose/100g de amostra)				Sacarose (g de sacarose/100g de amostra)			
	Asterix	BRSIPR Bel	BRS Clara	CV(%)	Asterix	BRSIPR Bel	BRS Clara	CV(%)	Asterix	BRSIPR Bel	BRS Clara	CV(%)
0	24,15Aa	21,56Aa	25,38Aa	14,40	0,13Ab	0,18Ab	0,18Abc	29,85	2,06Ab	2,08Aa	0,94Bc	12,71
625	20,08Aa	26,03Aa	19,39Ab	19,17	0,43Aab	0,14Bb	0,07Bc	69,40	3,68Aa	2,55Aa	0,61Bd	31,80
1250	18,91Ba	23,81Aa	17,74Bb	12,85	0,51Aa	0,11Bb	0,22Bbc	65,77	3,46Aa	2,18Aa	2,05Aa	31,73
2500	22,97Aa	23,28Aa	21,42Aab	16,66	0,60Aa	0,11Bb	0,48Aa	42,75	3,50Aa	2,51Ba	1,99Cab	10,62
5000	20,74Aa	24,19Aa	21,08Aab	17,04	0,61Aa	0,33Ba	0,36Bab	25,16	3,12Aa	2,78Aa	1,75Bb	17,75
CV(%)	16,31	16,64	15,53		43,91	31,65	54,04		22,66	18,36	10,51	

Médias seguidas por letras iguais e maiúsculas, na mesma linha, e, minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%; CV = Coeficiente de Variação.

Para a variável matéria seca, também houve interação significativa entre cultivar e nível de inóculo. Considerando-se a cultivar BRS Clara, a percentagem de matéria seca foi a mesma independentemente do nível de inóculo. Já em “Bel” e “Asterix” verificaram-se respostas inversas a partir de inoculações de 1250 nematoides/planta. Assim, na cv. “Bel” houve um aumento dos valores de matéria seca com o aumento da quantidade de nematoides inoculados por planta (Tabela 5).

Tabela 5 - Percentagem de matéria seca em tubérculos de batata cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara, 70 dias após a inoculação das plantas com os diferentes níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2/planta) de *Meloidogyne javanica*. Pelotas/RS, 2015.

Níveis de inóculo	Matéria seca (%)			CV(%)
	Asterix	BRSIPR Bel	BRS Clara	
0	20,38 Aa	19,04Abc	16,16Aa	3,43
625	19,01Aab	17,61Ac	16,32Aa	2,71
1250	17,46Ab	20,96Aab	18,02Aa	3,17
2500	17,16Bb	20,57Aab	18,38ABa	2,03
5000	16,69Bb	22,38Aa	18,51Ba	2,09
CV(%)	2,12	1,55	3,92	

Médias seguidas por letras iguais e maiúsculas, na mesma linha, e, minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%; CV = Coeficiente de Variação.

Em relação aos índices de clorofila “a”, “b” e “total”, observados aos 30 dias após a inoculação do nematoide, não foi observado interação significativa entre os fatores cultivar e nível de inóculo. Para as diferenças estatísticas ao nível de genótipo (Tabela 6), verificaram-se maiores valores de clorofila “a”, “b” e “total” (Tabela 6) na cv. Asterix. Já para a variável nível de inóculo, independentemente da cultivar, detectou-se redução dos teores de clorofila “a” e “total” em todos os tratamentos com *M. javanica* comparativamente às plantas de batata não inoculadas com o nematoide (Tabela 7).

Tabela 6 – Índices de Clorofila “a”, “b” e total em plantas de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara, aos 30 dias após a inoculação das plantas com *Meloidogyne javanica*, independentemente do nível de inóculo testado (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2 do nematoide/planta). Pelotas/RS, 2015.

Cultivares	Clorofila “a”	Clorofila “b”	Clorofila total
Asterix	38,33A*	17,25A	55,32A
BRSIPR Bel	35,03B	15,39B	50,42B
BRS Clara	35,39B	15,01B	50,40B
CV (%)	4,92	14,79	7,53

*Médias seguidas por letras iguais e maiúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%; CV = Coeficiente de Variação.

Tabela 7 - Índices de Clorofila “a”, “b” e total em plantas de batata, independentemente da cultivar (Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara), aos 30 dias após a inoculação com *Meloidogyne javanica*, independentemente dos níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2 do nematoide/planta). Pelotas/RS, 2015.

Níveis de inóculo	Clorofila “a”	Clorofila “b”	Clorofila total
0	37,84A*	16,51A	54,35A
625	36,39B	15,70A	52,08ABC
1250	36,50B	16,66A	53,17AB
2500	35,25B	15,47A	50,18BC
5000	35,28B	15,08A	49,92C
CV (%)	4,92	14,79	7,53

*Médias seguidas por letras iguais e maiúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%; CV = Coeficiente de Variação.

Considerando-se a redução da taxa de reprodução do nematoide das galhas (FR) nas plantas de batata com o aumento do nível de inóculo, esses dados dão indícios da ocorrência de competição entre os indivíduos, por sítios de alimentação disponíveis nas raízes (CARNEIRO; MAZZAFERA; FERRAZ, 1999; GONÇALVES et al., 1996). De acordo com Barker; Starr; Schmitt (1987) e Perry; Moens (2005), a multiplicação dos nematoides pode ser limitada pela quantidade total de alimento que o hospedeiro pode suprir, resultando numa relação antagônica entre a população inicial do parasita e a quantidade total de alimento disponível. Essas informações são muito importantes para determinar

os danos ocasionados pelo nematoide das galhas não só em batata mas também em outros hospedeiros. Além disso, outras variáveis como a agressividade e os danos causados pelo patógeno também podem estar relacionados com a capacidade do parasita em multiplicar-se na planta hospedeira.

Ainda, analisando-se as relações entre nível de inóculo e danos causados pelo nematoide nas raízes e nos tubérculos de batata, verificaram-se baixas correlações positivas entre FR de *M. javanica* e número de “pipocas” nos tubérculos ($R=0,26$; $P<0,05$) e entre galhas nas raízes e “pipocas” nos tubérculos parasitados, independentemente da cultivar testada ($R=0,60$; $P<0,05$). Em trabalho conduzido nesse mesmo patossistema para avaliar a influência de diferentes populações de *M. javanica* sobre a qualidade de tubérculos de batata “BRS Clara” e “Ágata”, Lima-Medina et al. (2014) verificaram que as mais agressivas, além de causarem maiores danos nos tubérculos, também induziram aumento no conteúdo de compostos fenólicos nos tubérculos de batata de ambas as cultivares.

As maiores taxas de reprodução do nematoide (FR), verificadas no menor nível de inóculo podem estar relacionadas ao alto teor de conteúdo de compostos fenólicos observados em “Asterix” e “Clara”, que segundo Mondy; Chandra; Evans (1985), representam plantas com maior estresse fisiológico, visto que os tratamentos cujas plantas de batata receberam os maiores níveis de inóculo (1250 a 5000 nematoides/planta), resultaram em tubérculos com uma quantidade menor de compostos fenólicos, resultando em correlação negativa entre essas variáveis ($R=-0,67$; $P<0,05$) para a cultivar Asterix. Esse fato também pode ser explicado pela correlação negativa existente entre o número de “pipocas” nos tubérculos por unidade de área da cultivar BRS Clara e conteúdo de compostos fenólicos ($R=-0,94$; $P<0,05$) no menor nível de inóculo. Provavelmente, os conteúdos de compostos fenólicos aqui mensurados, como o ácido clorogênico (VIDHYASEKARAN, 1988) estejam envolvidos nos mecanismos bioquímicos e estruturais de resistência (NICHOLSON; HAMMERSCHMIDT, 1992; NICHOLSON, 1995), mesmo que as cultivares utilizadas não sejam resistentes ao nematoide das galhas. Porém, não se descarta a possibilidade das mesmas estarem atuando no

reconhecimento do patógeno e gerando respostas de defesa mesmo quando as plantas receberam as menores populações de nematoides.

Danos ocasionados pelo nematoide das galhas têm sido avaliados em outros trabalhos com culturas distintas. Abrão e Mazzafera (2001), avaliando diferentes níveis de inóculo de *M. incognita* na cultura do algodoeiro, verificaram tendência de maiores valores para altura de plantas no tratamento com menor nível de inóculo, e, quando avaliaram a massa da matéria seca das raízes, observaram que houve incremento dessa variável com o aumento da densidade de inóculo. Porém, para as cvs. Asterix e Bel avaliadas nesse estudo, foi verificada correlação negativa entre massa fresca da raiz e nível de inóculo ($R = -0,63$ a $-0,83$; $P < 0,05$). Lima-Medina (2013), avaliando o efeito de diferentes populações de *M. javanica* sobre diferentes parâmetros de produção de duas cultivares de batata, verificou que as populações mais agressivas reduziram altura de plantas e a massa dos tubérculos produzidos.

De uma forma geral, independentemente da cultivar, verificou-se baixa correlação positiva entre massa fresca de parte aérea e massa de tubérculos ($R = 0,28$; $P < 0,05$) e, massa fresca de parte aérea com massa fresca de raízes para BRS Clara ($R = 0,52$; $P < 0,05$), o que ressalta a importância de se adotarem medidas de manejo de pragas como o nematoide das galhas ou outro fator que interfira no desenvolvimento radicular das plantas. Dessa forma, tais resultados evidenciam a capacidade de cada cultivar em suportar o estresse causado pelo nematoide, o que sugere a condução de trabalhos adicionais para estudar o efeito do nematoide sobre tal variável.

A redução nos teores de clorofila "a" e "total", observada aos 30 dias, nas plantas de batata inoculadas com *M. javanica*, reflete a ação espoliadora do nematoide, uma vez que maiores valores de número de galhas nas raízes e de "pipocas" por unidade de área nos tubérculos também foram observados. Tais constatações podem ser aferidas pelas análises de correlação entre essas variáveis onde, independentemente da cultivar e nível de inóculo, verificou-se correlação negativa entre clorofila "a" e número de "pipocas"/unidade de área nos tubérculos ($R = 0,47$; $P < 0,05$) e clorofila total e número de "pipocas"/unidade de área ($R = 0,48$; $P < 0,05$) para a cultivar Asterix. Já para a cultivar BRSIPR Bel, verificou-se correlação negativa entre fator de reprodução do nematoide das

galhas e clorofila “a” ($R=-0,44$; $P>0,05$), clorofila “b” ($R=-0,43$; $P>0,05$) e clorofila total ($R=-0,45$; $P>0,05$), assim como também entre número de “pipocas”/unidade de área nos tubérculos e clorofila “a” ($R=-0,49$; $P<0,05$), clorofila “b” ($R=-0,42$; $P>0,05$) e clorofila total ($R=-0,46$; $P>0,05$). Correlações negativas entre a quantidade de “pipocas” nos tubérculos de batata e clorofila “a” ($R=0,58$; $P<0,05$), clorofila “b” ($R=0,43$; $P<0,05$) e clorofila total ($R=0,50$; $P<0,05$), também foram encontrada para a cultivar BRS Clara.

No geral, os índices de clorofila foram afetados pelo parasitismo do nematoide, assim como os parâmetros de produção das plantas de batata. Independentemente do nível de inóculo do nematoide das galhas e da cultivar de batata estudada, houve correlação positiva entre a massa fresca da raiz e os índices de clorofila “a” ($R=0,33$; $P<0,05$), clorofila “b” ($R=0,32$; $P<0,05$) e clorofila total ($R=0,34$; $P<0,05$). Porém, com relação aos parâmetros de reprodução do nematoide, os índices de clorofila “a” foram afetados quando correlacionados com o número de galhas nas raízes ($R=-0,20$; $P>0,05$) e número de “pipocas” nos tubérculos ($R=-0,18$; $P>0,05$), que apesar dos valores serem baixos, indicam a ação negativa do nematoide sobre as plantas de batata, influenciando negativamente nos eventos de fotossíntese e respiração, o que gera um balanço negativo no metabolismo da planta. Apesar de ser reportado na literatura aumento nos teores de clorofila com o aumento do nível de inóculo (GOULART, 2011), Siddiqui e Mahamood (1994) também observaram redução dos valores de clorofila com o aumento do número de nematoides inoculados, quando utilizaram-se 2000 e 4000 J2 de *Heterodera cajani* em feijão guandu.

Embora nesse estudo tenha sido observado aumento nos teores de açúcares redutores dos tubérculos, com o aumento do nível de inóculo do nematoide, Korayem; Mohamed; Abou-Hussein (2012), ao avaliarem os efeitos de *M. arenaria* em plantas de batata, verificaram uma redução significativa no conteúdo de açúcares totais em tubérculos com maiores danos do nematoide.

Em um estudo realizado com plantas de café que receberam diferentes níveis de inóculo de *M. exigua* e *M. paranaensis*, o autor verificou que ambas as espécies do nematoide afetaram os carboidratos em tecidos não infectados, demonstrando que o nematoide é capaz de atuar como dreno metabólico não

somente na galha ou região de engrossamento, mas também nas áreas circunvizinhas (GOULART, 2011). Provavelmente essa alteração na partição dos carboidratos parece estar ligada à espécie do nematoide (CARNEIRO; MAZZAFERA; FERRAZ, 1999) e ao nível populacional deste (GOULART, 2011). Ainda, Goulart (2011), trabalhando com *M. exigua* e *M. paranaensis* em plantas de café, verificou que houve uma redução na concentração dos carboidratos com o aumento do nível de inóculo inicial, pois com o aumento do nível populacional do nematoide, também houve aumento do consumo energético.

Contrariamente ao observado pelos autores acima citados, aumento nos teores de glicose e sacarose foi verificado nos tubérculos de batata com os maiores níveis de inóculo, conforme correlação negativa ($R=-0,66$, $P<0,05$) encontrada para a cultivar Asterix para os teores de amido e sacarose. Estes teores parecem estar relacionados com a redução da matéria seca do produto, que por sua vez poderá influenciar negativamente no processamento da batata na forma de *chips*. Ainda, analisando-se as relações entre teores de amido com sacarose e glicose nos tubérculos submetidos aos diferentes tratamentos, verificou-se que o aumento no conteúdo de sacarose e glicose cujas plantas de batata receberam de 1250 a 5000 nematoides esteve associado a redução dos níveis de amido da cv. Clara para essas mesmas classes de inóculo, o que indica a redução de açúcares em função de maiores níveis populacionais do patógeno, uma vez que carboidratos solúveis são uma fonte essencial de energia, e os sítios de alimentação contêm níveis elevados de açúcares que podem ser utilizados pelos nematoides (HOFFMANN et al., 2008). De acordo com Pastorini et al. (2003) e Wang-Pruski; Nowak (2004), altos teores de açúcares redutores causam um escurecimento indesejável nos *chips* durante a fritura. Portanto, a qualidade da batata para processamento é dependente de teores adequados de açúcares redutores, matéria seca e polifenóis totais, os quais são características genéticas influenciadas pelo ambiente.

Embora para “Asterix” não tenha sido detectado diferenças significativas para níveis de amido, aumento significativo nos teores de açúcares redutores foram detectados nos tubérculos de batata, na presença de *M. javanica*, assim como também amido e glicose foram correlacionados negativamente ($R=-0,99$;

$P < 0,05$). Já para a cultivar BRSIPR Bel, não houve correlação entre essas variáveis mesmo com o aumento nos teores de glicose com o nível de inóculo mais elevado; no entanto, ainda verificou-se correlação positiva entre fator de reprodução e glicose ($R = 0,95$ a $0,99$, $P < 0,05$). Não foi possível detectar uma correlação significativa entre glicose e matéria seca, porém sabe-se que a variável matéria seca está intimamente ligada à qualidade no processamento de batatas *chips*.

Os elevados níveis de glicose verificados nos tubérculos de todas as cultivares de batata avaliadas na presença de *M. javanica*, estão intimamente relacionados a qualidade da batata para processamento. Assim, para as variedades serem aceitas no mercado para processamento, na forma de *chips*, os tubérculos devem ter níveis de açúcares redutores inferiores à 0,20% do seu peso fresco (NELSON; JENKINS; GILLISON, 1988), condição essa diferente daquela observada nos tubérculos de batata injuriados pelo nematoide onde níveis elevados de glicose maiores do que o limiar aceito foram observados em tubérculos de batata das diferentes cultivares. Conforme considerações feitas por SILVA; SANTOS, (2007), o aumento da temperatura, durante o processamento industrial da batata, permite que os açúcares redutores e aminoácidos livres iniciem uma reação conhecida como reação de Maillard ou de escurecimento não enzimático, alterando a cor e o sabor da batata frita nos pontos onde ocorre a infecção pelos nematoides. A relação entre os açúcares redutores e os aminoácidos livres no tubérculo de batata é atribuída à reação de Maillard, responsável pelo desenvolvimento da coloração escura no momento do processamento, ou seja, durante a produção de batatas *chips* (TALBURT; SCHHWIMMER; BURR, 1975). Assim, durante a fritura do produto, os teores de glicose e sacarose são altamente correlacionados entre si (PEREIRA et al., 1994), sendo glicose o açúcar de maior importância para promover o escurecimento da batata no decorrer desse processo (MILLER; HARRINGTON; KUHN, 1995). Portanto, o principal fator determinante da qualidade dos tubérculos quanto à cor dos *chips* na fritura é a comparação entre os teores de açúcares (PEREIRA; CAMPOS, 1999), sendo esta característica uma das mais importantes (SILVA; SANTOS, 2007), juntamente com o teor de matéria seca (LOISELLE; TAI; CHRISTIE, 1990), o qual

determina a absorção de óleo durante o processamento de batata-*chips* (SILVA, 1991). No entanto, novos trabalhos devem ser conduzidos para determinar se o escurecimento ocorrido nos *chips*, em decorrência dos danos ocasionados pelo nematoide das galhas, é de natureza química ou se tem envolvimento com aminoácidos, caracterizando a reação de Maillard.

Para a atividade antioxidante encontrada nos tubérculos de batata, no geral, o aumento do nível de inóculo resultou em redução dos valores desta variável, visto que também foi constatada a redução dos valores da massa fresca da parte aérea e de raízes, e também de amido. Em trabalho realizado por Santos (2012), na cultura da cana-de-açúcar, o autor verificou que o parasitismo pelo nematoide das galhas pode influenciar negativamente na fisiologia da cultura, e provavelmente isso ocorra também na cultura da batata.

As concentrações e atividades dos antioxidantes relacionam-se a muitos processos fisiológicos envolvidos em mecanismos de sinalização celular na defesa vegetal ou no estresse oxidativo (SOARES; MACHADO, 2007). Embora a atividade antioxidante tenha sido maior em “Asterix”, para a variável número de galhas nas raízes ($R=0,45$; $P<0,05$), em “Clara”, as correlações relacionadas ao dano ocasionado pelo nematoide nas raízes ($R=-0,49$; $P<0,05$), no tubérculo ($R=-0,55$; $P<0,05$) e teores de açúcares redutores ($R=-0,59$; $P<0,05$) e não redutores ($R=-0,66$; $P<0,05$) foram negativas.

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários provenientes de duas diferentes rotas metabólicas, e uma delas é a via do ácido chiquímico a partir de carboidratos (SIMÕES et al., 2007). Analisando-se os resultados relativos ao conteúdo de compostos fenólicos e teores de carboidratos nos tubérculos de batata parasitados com *M. javanica*, fica evidente que o nematoide das galhas interfere em processos fisiológicos das plantas de batata, podendo acarretar posteriormente na redução da qualidade dos tubérculos produzidos. Assim, plantas inoculadas com 625 nematoides evidenciaram uma maior atividade de defesa da planta pela maior produção de compostos fenólicos na cultivar “Clara”, e da mesma forma, maior atividade do patógeno nos maiores níveis de inóculo que resultou em maior consumo dos açúcares; pois, de acordo com Mondy; Chandra; Evans (1986), plantas que estão sob estresse fisiológico, geralmente acumulam compostos fenólicos.

No entanto, informações sobre a relação entre nematoides e cultivo de batata, os níveis de dano e a perda esperada no cultivo em diferentes densidades populacionais do nematoide ainda se tornam necessárias. Estas informações devem ser consideradas antes do plantio de batata em larga escala comercial, levando em conta os fatores ambientais que afetam os danos ocasionados pelo nematoide, e que tubérculos afetados pelo nematoide das galhas não são aceitáveis para o processamento industrial (BRINKMAN; MULDER, 1996). A infecção dos tubérculos é favorecida pela umidade (BRINKMAN; MULDER, 1996) e por temperaturas em torno de 18°C a 31,5°C (CHARCHAR; MOITA, 2001), e conseqüentemente, são onde ocorrem as maiores perdas da cultura, para a maioria das espécies de *Meloidogyne*. Logo, essas características tornam-se um fator essencial a ser levado em consideração no momento do plantio, sendo ideal o cultivo em épocas que o ataque por estes fitoparasitas seja desfavorecido.

Por fim, outras cultivares comerciais de batata deveriam ser estudadas frente às alterações químicas, físicas e bioquímicas ocasionadas pelas mais diversas espécies do nematoide das galhas nas nossas condições climáticas, e provavelmente análises realizadas ao longo do tempo poderiam explicar melhores as alterações bioquímicas ocorridas em decorrência do parasitismo do nematoide. Em geral, os danos causados por nematoides em batata são principalmente de natureza qualitativa (BRINKMAN; MULDER, 1996). Apesar de ter-se verificado que a inoculação de *M. javanica* com níveis mais elevados do nematoide tenham resultado em maiores danos tanto em raízes, quanto em tubérculos, como outras variáveis relacionadas à planta, a alta taxa de reprodução do patógeno no nível mais baixo testado demonstra a necessidade de se testar o efeito de menores densidades populacionais do nematoide no solo, sobre a qualidade dos tubérculos e também, quantificar as perdas após o armazenamento.

3.4 Conclusões

- Menores níveis de inóculo de *M. javanica* resultam em maior reprodução do nematoide das galhas em plantas de batata inoculadas com o patógeno;
- Maiores níveis populacionais do nematoide das galhas influenciam negativamente em parâmetros de desenvolvimento diversos de plantas de batata, no entanto esse efeito é dependente da interação entre genótipo e densidade de inóculo;
- Maiores níveis de inóculo do nematoide das galhas influenciam negativamente em características bioquímicas dos tubérculos, como teores de açúcares, conteúdo de compostos fenólicos e antioxidantes, os quais estão intimamente relacionadas à sua qualidade.

4 CAPÍTULO III - Análise sensorial e visual e histopatologia comparada em raízes e tubérculos de batata parasitados por *Meloidogyne javanica*

4.1 Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma das culturas mais consumidas mundialmente, porém, problemas de origem fitossanitária afetam consideravelmente a cultura em diferentes regiões do globo (NAZARENO; FILHO, 2009; JIMENEZ-PEREZ; CROZZOLI; GRECO, 2007). Entre as pragas que afetam negativamente a cultura, os fitonematoides são considerados um dos principais fatores limitantes devido à suscetibilidade dessa solanácea a essas pragas e aos prejuízos decorrentes da infestação dos tubérculos (VOVLAS et al., 2005; MONTERO et al., 2007).

O gênero *Meloidogyne* é considerado um dos mais importantes para a agricultura mundial, pois, além de estar distribuído nas mais variadas regiões geográficas do globo, apresenta ampla gama de hospedeiros parasitando várias espécies vegetais. Espécies desse gênero são pragas das principais culturas em climas tropicais, subtropicais e temperados (EISENBACK; TRIANTAPHYLLOU, 1991; CHARCHAR, 1997) sendo *M. javanica*, a espécie mais frequente e encontrada na maioria das regiões produtoras de batata do mundo (TAYLOR; SASSER, 1983; VOVLAS et al., 2005) e em lavouras do Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (SILVA, 2009; LIMA-MEDINA, 2013).

A reprodução do nematoide das galhas varia em função da planta hospedeira, entretanto, esses nematoides se adaptam facilmente por longos períodos em diferentes ecossistemas naturais (FERRAZ, 2001). Segundo Gomes e Souza (2003), plantas de batata afetadas por *Meloidogyne* spp.

apresentam menor desenvolvimento, amarelecimento foliar, galhas nas raízes e protuberâncias nos tubérculos. Os tubérculos infectados podem exibir sintomas visíveis na forma de galhas ou “pipocas” de diferentes tamanhos (CHAVES; TORRES, 2001). Como consequência dessa infecção, os tubérculos perdem valor comercial e são excelente veículo de disseminação do nematoide para novas áreas caso sejam utilizados como batata-semente (VOVLAS et al., 2005).

O ciclo de vida do nematoide das galhas envolve quatro estádios de desenvolvimento. Ao eclodirem dos ovos, os juvenis de segundo estágio (J2) se movimentam no solo e migram até as raízes da planta hospedeira e penetram na região de alongamento por meio de seu estilete. Subsequentemente, os J2 locomovem-se intercelularmente até o cilindro central da raiz e estabelecem um sítio de alimentação, tornam-se sedentários e iniciam o processo de parasitismo. Ao injetarem secreções nas células parasitadas ao redor da região anterior de seu corpo, essas tornam-se gigantes e multinucleadas (hipertrofia), ocorrendo concomitantemente a divisão sucessiva das células corticais, ao redor das células hipertrofiadas, as quais originam engrossamentos nas raízes, conhecidos como galhas (hiperplasia) (GOMES; SOUZA, 2003). Aproximadamente três semanas após a infecção, os juvenis passam por mais duas ecdises (estádios J3 e J4), ocorre diferenciação do sexo. As fêmeas adultas e globosas, iniciam a postura colocando de 200 a 1000 ovos em uma única matriz gelatinosa, fora da raiz, completando seu ciclo. Da mesma forma, os machos, vermiformes, passam por mais duas ecdises, e, ao atingirem o estágio adulto, podem fecundar a fêmea antes de abandonarem a raiz (GOMES; SOUZA, 2003).

Após a primeira geração do nematoide das galhas, nas raízes, ocorrem novas infecções, cujos J2 eclodidos podem também penetrar nos tubérculos (TORDABLE; LAX; DOUCET, 2008). A composição dos nutrientes disponíveis no tubérculo muda de acordo com a espécie e com o estágio de desenvolvimento do nematoide que está parasitando, bem como as características da planta hospedeira (SIJMONS, 1993), fatores que interferem durante o processamento industrial. Contudo, poucos estudos existem acerca

das alterações causadas pelo patógeno na qualidade dos tubérculos infectados (SILVA; SANTOS, 2007) além de estudos ao nível celular.

Os nematoides do gênero *Meloidogyne*, usualmente, causam a formação de galhas em raízes de plantas hospedeiras suscetíveis, que reagem às secreções produzidas pelos J2 através de mudanças morfológicas e fisiológicas. As células gigantes, altamente especializadas, servem como fonte alimentar exclusiva para fases parasitárias posteriores do nematoide sedentário, sendo estabelecidas no floema ou no parênquima adjacente (EISENBACK; TRIANTAPHYLLOU, 1991). Um dos primeiros sinais de indução de células gigantes das raízes, é a formação de células vasculares binucleadas preenchidas predominantemente por vacúolos e núcleos localizados no citoplasma periférico (KARSSSEN; MOENS, 2006). No interior dessas células, ocorre a endomitose de diferentes núcleos sincronicamente, com aumento do conteúdo citoplasmático e as células expandem-se lateralmente (KARSSSEN; MOENS, 2006). No entanto, alterações ao nível celular em tubérculos são pouco estudadas.

No Brasil, a forma de consumo de batata é predominantemente *in natura*. Conseqüentemente, o formato, o tamanho e a cor da periderme dos tubérculos são características que influenciam diretamente na escolha pelos consumidores (SILVA; SANTOS, 2007). Dessa forma, tubérculos infectados com sintomas de “pipocas”, causados pelo nematoide das galhas, são rejeitados pela indústria devido ao aspecto visual depreciativo. Características como alto teor de matéria seca, olhos pouco profundos e baixo teor de açúcares redutores são as mais importantes para o abastecimento das indústrias de batata frita (SILVA; SANTOS, 2007). No entanto, há pouca informação na literatura relacionadas à qualidade visual e ou sensorial de tubérculos infectados pelo nematoide das galhas. Existem apenas relatos de que tubérculos injuriados possuem sua qualidade reduzida, em função da infecção causada por tais patógenos (SILVA; SANTOS, 2007). Sabe-se que o escurecimento e o sabor amargo de tubérculos injuriados condicionam a rejeição do produto final pelos consumidores (SILVA; SANTOS, 2007), porém são raros os estudos sobre possíveis alterações físico-químicas e danos causados pelo nematoide das galhas.

Dessa forma, objetivou-se com esse estudo: *i*) avaliar danos visuais ocasionados pelo nematoide das galhas em tubérculos de diferentes cultivares de batata na colheita e em diferentes períodos de armazenamento; *ii*) avaliar as características sensoriais e visuais de tubérculos de batata de diferentes cultivares infectados com o nematoide das galhas; *iii*) estudar as alterações histopatológicas presentes em tubérculos de diferentes cultivares de batata infectados com *M. javanica* e comparar com as alterações nas raízes.

4.2 Material e métodos

O inóculo utilizado para realização desse trabalho foi proveniente de uma população pura de *M. javanica* (Est J3) agressiva à batata (LIMA-MEDINA, 2013), a qual foi multiplicada e mantida em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) cv. Rutgers, em vasos com solo autoclavado, em casa de vegetação a $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Tubérculos de batata das cultivares, BRS Clara (salada), BRSIPR Bel e Asterix (fritura), suscetíveis a *M. javanica* (LIMA-MEDINA, 2013), foram plantados em vasos de 4,5L contendo solo esterilizado, em casa de vegetação a $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, no período de 28 de outubro de 2013 a 13 de janeiro de 2014. Sete dias após a emergência, cada planta de batata foi inoculada com 5.000, 2.500, 1.250 ou 625 ovos + J2 de *M. javanica*, sendo a testemunha composta por plantas não inoculadas. O ensaio foi montado em esquema fatorial (3 x 5) em delineamento completamente ao acaso constando de dez repetições para cada tratamento. Setenta dias após a inoculação, as raízes e tubérculos de cada planta foram colhidos e separados para as avaliações dos diferentes estudos abaixo descritos, sendo, os tubérculos das três cultivares, logo após a colheita, armazenados sob temperatura ambiente, com variação de $10,8^{\circ}\text{C}$ a $39,0^{\circ}\text{C}$, no período de 14 de janeiro a 27 de fevereiro de 2014.

4.2.1 Danos e alterações em tubérculos de batata infectados por *Meloidogyne javanica* em diferentes períodos de armazenamento

No momento da colheita e, após 15 e 30 dias de armazenamento (item 4.2), foram feitos cortes transversais e fatiamento nos tubérculos para visualização dos danos recorrentes do parasitismo de *Meloidogyne javanica*, utilizando-se dois tubérculos para cada tratamento. Considerou-se como dano, a aparência visual e intensidade de pontuações escuras e podridões na região entre a casca e a polpa dos tubérculos (0,0 a 3,0mm) submetidos aos diferentes níveis de inóculo e períodos de armazenamento. A documentação dessa análise visual se deu a partir de fotos em câmara fotográfica Sony Cyber Shot modelo DSC-H200.

4.2.2 Análise visual e sensorial de tubérculos de batata infectados por *Meloidogyne javanica*

Imediatamente após a colheita dos tubérculos, foram realizadas as análises sensoriais e visuais das cultivares de batata BRS Clara (batata cozida) e BRSIPR Bel (frita do tipo *chips*), provenientes dos diferentes níveis de inóculo do nematoide (item 4.2).

Para análise sensorial dos tubérculos da cultivar BRS Clara, dez tubérculos de cada amostra foram lavados, cozidos em micro-ondas por 5 min., descascados, cortados em cubos de 20mm e servidos a 10 julgadores em copos individuais de acrílico codificados aleatoriamente sem identificação do tratamento. Os tratamentos foram representados por tubérculos provenientes de cada nível de inóculo de *M. javanica* em comparação com uma amostra padrão (testemunha não inoculada). O método de avaliação foi o sensorial discriminativo pareado direcional com dez julgadores (adaptado de SHIROSE; MORI, 1985) somente para a variável sabor, medida pela quantidade de erros e acertos. Assim, os acertos indicaram as diferenças existentes entre as amostras e os erros, a dificuldade em perceber essas diferenças.

Na cv. BRSIPR Bel, foram realizadas análises sensoriais e visuais de batata *chips*. Para tanto, uma amostra de 10 tubérculos de cada tratamento foi utilizada para fatiamento na forma de *chips* em cortador manual. Posteriormente, as batatas fatiadas foram submetidas à fritura em óleo vegetal

de girassol, a uma temperatura inicial de aproximadamente 180°C durante três minutos (PEREIRA; COSTA, 1997). Para avaliação de aparência dos *chips*, dez unidades de *chips* foram colocadas em bandejas brancas, codificadas e com três dígitos aleatórios sem identificação dos tratamentos. Na avaliação dos demais atributos sensoriais, os *chips* foram colocados em copos individuais de acrílico transparente, codificados e aleatorizados em sua apresentação aos julgadores.

A avaliação se deu pelo método descritivo e de atributos pelas categorias visual (aparência): cor pela escala de cinco pontos da Snack Food Association, uniformidade da cor, centro escuro, borda escura, defeitos de borda e qualidade visual (adaptado de ZORZELLA; VENDRUSCOLO; TREPTOW, 2003); e sensorial (sabor): gosto amargo, sabor característico e estranho; crocância, qualidade geral e aceitação do produto através de escala hedônica (adaptado de ZORZELLA; VENDRUSCOLO; TREPTOW, 2003), conforme diagrama descrito na Figura 1. A coleta de dados foi realizada através de fichas contendo escalas não estruturadas, de 9cm para cada atributo avaliado, e estas escalas ancoradas com termos descritivos, indicando a menor intensidade (esquerda) e maior intensidade (direita) do atributo a ser avaliado (Anexo I). A marca na escala foi transformada em números e avaliada estatisticamente (ZORZELLA; VENDRUSCOLO; TREPTOW, 2003).

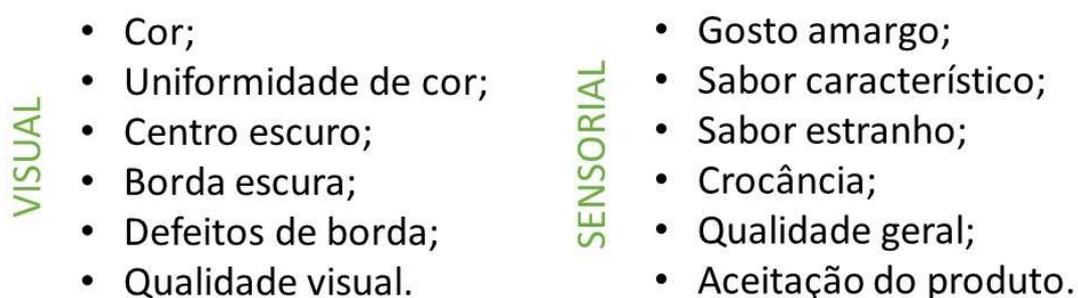


Figura 1 - Diagrama de atributos visuais e sensoriais para avaliação de batatas-*chips* da cultivar BRSIPR Bel. Pelotas/RS, 2015.

4.2.3 Histopatologia comparada de raízes e tubérculos de batata infectados por *Meloidogyne javanica*

Raízes e tubérculos de batata (cvs. Asterix, Clara e Bel) provenientes de plantas inoculadas ou não com 1250 J2 + ovos de *M. javanica*, foram utilizados para estudo histopatológico comparativo conforme ensaio descrito no item 4.2.

A partir das raízes e tubérculos infectados e não infectados com o nematoide, foram coletadas amostras de 1cm de comprimento do primeiro e de 0,5cm² da superfície do segundo das três cultivares. Subsequentemente, os fragmentos obtidos foram fixados em solução de Karnovsky (KARNOVSKY, 1965) modificada com a utilização de tampão fosfato pH 7,2, desidratados em série etílica ascendente e infiltrados em resina plástica (Leica Histoiresin®) segundo as instruções do fabricante. Logo após, as amostras foram seccionadas (secções de 7µm de espessura) utilizando-se micrótomo rotativo manual (ANCAP) com navalha descartável (Feather). A seguir, as secções longitudinais obtidas de cada tratamento foram transferidas para uma lâmina contendo água destilada e secas em placa de aquecimento a 40°C. Posteriormente, as secções foram coradas com azul de toluidina 0,05% (SAKAI, 1973) em tampão fosfato e citrato (McILVAINE, 1921) pH 4,5, secas a temperatura ambiente e montadas em resina sintética “Entellan” (Merck®).

Os cortes foram examinados quanto às alterações histológicas dos diferentes tecidos parasitados em microscópio óptico Olympus modelo BX51TF, sendo os mesmos, fotodocumentados pela captura de imagens com a utilização de câmera fotográfica Olympus U-PMTVC, Modelo 42, Japan.

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Danos e alterações em tubérculos de batata infectados por *Meloidogyne javanica* em diferentes períodos de armazenamento

Pela análise visual da aparência dos tubérculos, no momento da colheita, em todos os níveis de inóculo testados, não foram observadas podridões apesar da presença de “pipocas” em sua superfície. No entanto, pelos cortes analisados, verificou-se escurecimento discreto da região próxima a “casca” nos tubérculos provenientes de plantas das três cultivares testadas e inoculadas com 1250 ou mais nematoides, conforme figura 2.

Aos 15 dias de armazenamento, pequenas áreas escurecidas foram observadas nos cortes de tubérculos das cvs. Asterix e Clara já naquele tratamento com o menor nível de inóculo (625 nematoides/planta), sendo essas alterações mais nitidamente visíveis em tubérculos provenientes de inoculações iguais ou superiores a 1250 nematoides em ambas as cultivares (Figura 3). Também foi possível observar a presença podridões na extremidade de alguns pontos dos cortes realizados na cv. Clara a partir de 1250 nematoides e nas cvs. Bel e Asterix com o maior nível de inóculo (5000 ovos+J2 de *M. javanica*/planta).

Já aos 30 dias após a colheita, verificou-se escurecimento mais intenso da região da polpa próxima a casca em todas as cultivares avaliadas a partir de 1250 nematoides inoculados por planta. Ainda, cortes de tubérculos das cvs. Clara e Bel, provenientes da inoculação com 1250 ou mais nematoides/planta, evidenciaram o aparecimento de podridões, conforme pode ser visualizado na figura 4. O presente estudo foi interrompido aos 30 dias, uma vez que os tubérculos inoculados com *M. javanica* não suportaram o armazenamento a partir desse período e apodreceram. De acordo com Inomoto (2001), tubérculos de batata provenientes de plantas infectadas com o nematoide das galhas são de qualidade inferior pelo aspecto “empipocado” e pela facilidade com que esses tubérculos apodrecem. Além do “empipocamento” e escurecimento localizados da polpa próximo a casca, esses fitonematoides podem afetar negativamente os tubérculos de forma indireta, pois, durante sua lavagem, as galhas (“pipocas”) e as lesões secundárias são esfoladas, favorecendo podridões

causadas por bactérias e fungos (VOVLAS et al., 2005). Ainda, tais tubérculos infectados podem atuar como disseminadores do nematoide para novas áreas, ressaltando a importância da sanidade da batata semente (SILVA; SANTOS, 2007).

Sabe-se que a temperatura é um fator extremamente importante para o sucesso do desenvolvimento do fitonematoide dentro ou fora da planta (EVANS, 1987). Com isso, especula-se que a rápida deterioração ou perda de qualidade se deva à elevada temperatura nesse período (T° média 20,6-31,4°C; 14/01 a 27/02/2014) conforme Figura 5, uma vez que em ensaio semelhante, onde os tubérculos foram colhidos no período de outono, a temperatura no período de armazenamento foi menor (T° média 7,5-17,6°C; 29/04-15/10/2013), e os tubérculos mantiveram-se íntegros (sem podridões) por 90 dias (SCHAFER, J.T., Comunicação Pessoal). Além disso, temperaturas mais elevadas durante o período de armazenamento podem ter favorecido a redução em dias do ciclo de vida do nematoide no interior do tubérculo, onde a morte e degradação das fêmeas permitiram a invasão por organismos secundários causadores de podridões. Tais observações fazem alusão as constatações de Santos (2003), o qual menciona que temperaturas mais elevadas reduzem o tempo de armazenamento e conseqüentemente, de prateleira do produto, inviabilizando os tubérculos pelo aparecimento de podridões por micro-organismos de importância secundária, quando comparados a batatas sadias submetidas ao mesmo processo de armazenamento.

As observações feitas no presente estudo indicam que os sintomas desenvolvidos em decorrência do parasitismo do nematoide das galhas, podem evoluir após a colheita, resultando em sintomas externos mais visíveis, após algum tempo de armazenamento (JATALA; BOOTH; WIERSMA, 1982). Porém, o período necessário para o surgimento ou aceleração da expressão dos sintomas, está relacionado com a temperatura ambiente nos quais os tubérculos foram acondicionados, já que tanto a temperatura quanto o tempo de armazenamento influenciam diretamente no parasitismo pelo nematoide das galhas (TEKLU, 2014) conforme já mencionado; no entanto, mesmo se o nível de infestação do nematoide for relativamente baixo no momento da

colheita, a formação de uma nova geração dentro dos tubérculos armazenados poderá ser observada (RULLIAT et al., 2014). Dessa forma, investigações adicionais acerca de menores níveis de inóculo do nematoide àqueles avaliados nesse estudo e associados a diferentes temperaturas e tempos de armazenamento poderiam resultar em informações práticas relacionadas às melhores condições de armazenamento ou períodos de colheita desfavoráveis ao desenvolvimento do nematoide e perda de qualidade dos tubérculos infectados.

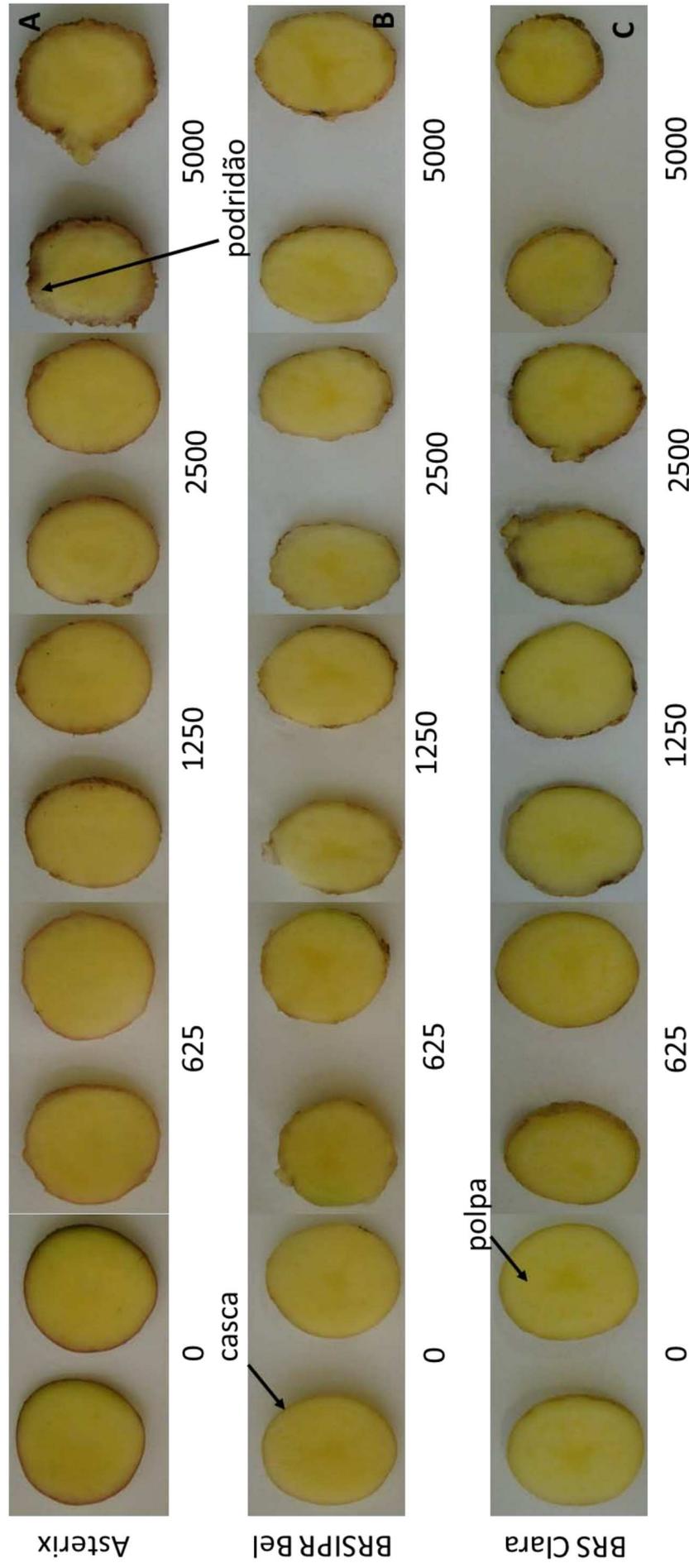


Figura 2 - Cortes de tubérculos de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara provenientes de plantas inoculadas com diferentes níveis de inóculo 0, 625, 1250, 2500 e 5000 ovos + J2 de *Meloidogyne javanica* no momento da colheita. Pelotas/RS, 2015.

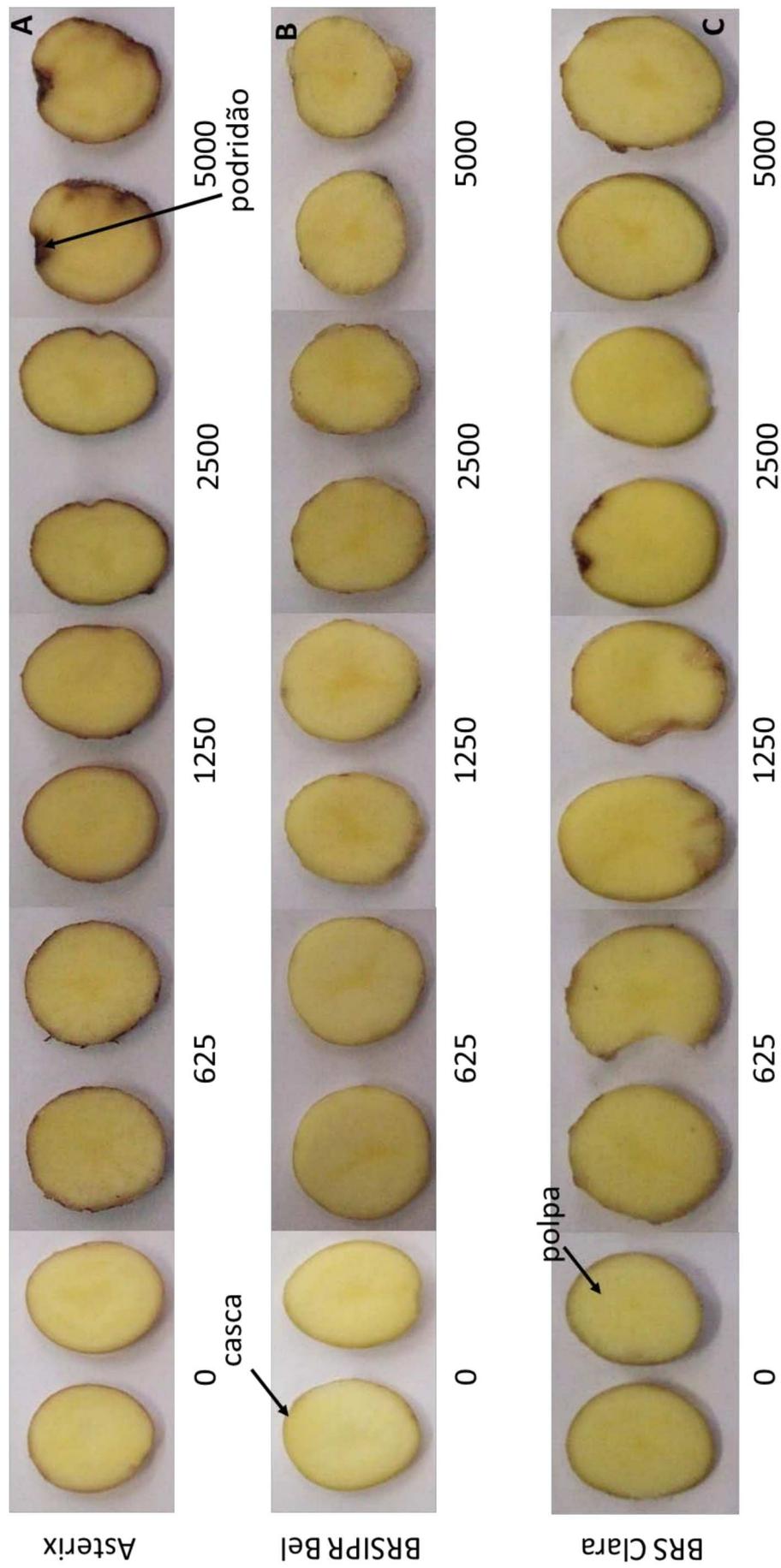


Figura 3 - Cortes de tubérculos de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara provenientes de plantas inoculadas com diferentes níveis de inóculo (0 (T1), 625 (T2), 1250 (T3), 2500 (T4) ou 5000 (T5) ovos + J2) de *Meloidogyne javanica* aos 15 dias após a colheita. Pelotas/RS, 2015.

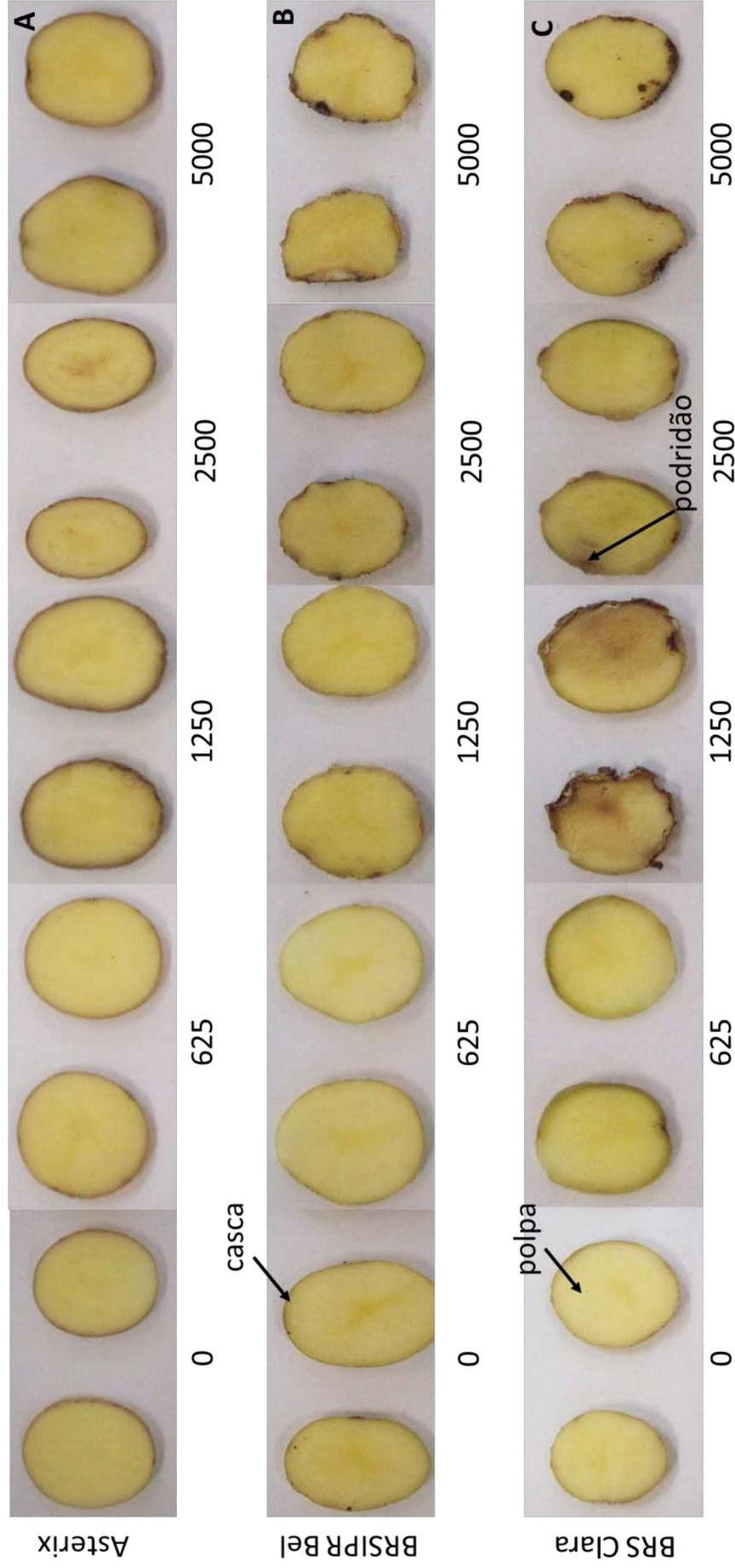


Figura 4 - Corte de tubérculos de batata das cultivares Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara provenientes de plantas inoculadas com diferentes níveis de inóculo (0 (T1), 625 (T2), 1250 (T4), 2500 (T4), 5000 (T5) ovos + J2) de *Meloidogyne javanica*, aos 30 dias após a colheita. Pelotas/RS, 2015.

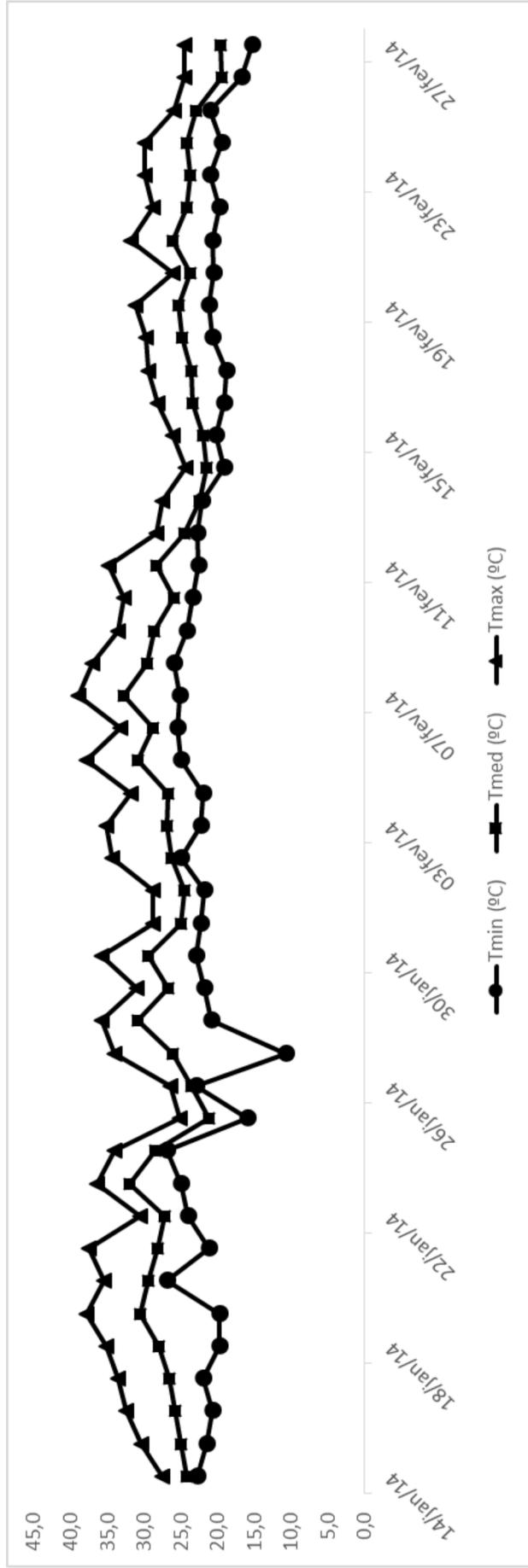


Figura 5 - Dados de temperatura máxima (\blacktriangle), média (\blacksquare) e mínima (\bullet) durante o período de armazenamento (14 de janeiro a 27 de fevereiro de 2014), de tubérculos de batata das cv. Asterix, BRSIPR Bel e BRS Clara infectados com diferentes níveis de inóculo iniciais (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2) de *Meloidogyne javanica*. Pelotas/RS, 2015.

4.3.2 Análise visual e sensorial de tubérculos de batata infectados por *Meloidogyne javanica*

Para a avaliação sensorial da cultivar BRS Clara, a partir do processo de cocção, foram obtidos sete acertos e três erros em todos os tratamentos, os quais representaram cada nível de inóculo, em comparação com a amostra padrão de tubérculos não infectada pelo nematoide. Dessa forma, 70% dos julgadores perceberam as diferenças em cada uma das amostras oferecidas, o que significou que foram percebidas variações no sabor da batata infectada pelo nematoide em relação à batata sadia, e, provavelmente essa diferença tenha se dado por influência do parasitismo do nematoide.

Em relação às análises sensoriais e visuais de batatas *chips* da cultivar BRSIPR Bel, as amostras provenientes do tratamento das plantas inoculadas com o maior nível de inóculo (5000 nematoides/planta), de uma forma geral, demonstraram qualidade inferior (Figura 6). A coloração, uniformidade de cor, bordas escuras, defeitos gerais, qualidade visual e geral, e sabor amargo, característico e estranho apresentaram melhores resultados nos *chips* do tratamento padrão (tubérculos não infectados), verificando-se tendência na redução da qualidade desses parâmetros com o aumento do nível de inóculo do nematoide. Para a crocância do produto, as amostras padrão e aquela relativa ao menor nível de inóculo (625 nematoides inoculados /planta), foram consideradas as melhores, sendo os *chips* provenientes dos tubérculos com os níveis de inóculo mais elevados (2500 e 5000 nematoides inoculados/planta) considerados os piores por apresentarem textura dura (Tabela 1, Figura 6).

Comparando-se os dados de cor da amostra padrão (amarelo claro) com os demais tratamentos, pode-se observar que as amostras de *chips* dos tubérculos de “Bel” provenientes dos tratamentos com os menores níveis de inóculo (625 e 1250), apresentaram coloração levemente mais escura que o tratamento testemunha (Figura 6). Ainda, estes dois tratamentos também evidenciaram de regular a moderada uniformidade para cor dos *chips*. Nenhuma das amostras apresentou centro escuro de forma significativa, característica que prejudique o produto final. Porém, *chips* provenientes dos tubérculos cujas plantas foram inoculadas com níveis 2500 e 5000 nematoides, apresentaram esse defeito em maior intensidade quando comparados aos demais tratamentos. Já para a presença de bordas escuras, o

maior valor se deu no nível de inóculo 5000, evidenciando este defeito pela ação da inoculação dos nematoides provenientes do maior nível de inóculo (Tab.1, Figura 6).

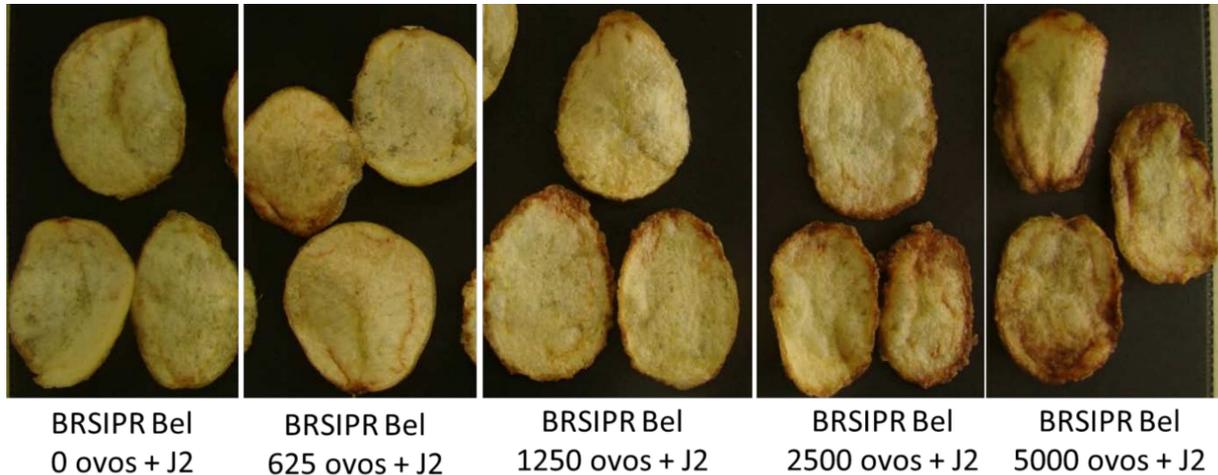


Figura 6 - *Chips* de batatas da cultivar BRSIPR Bel provenientes de tubérculos de plantas inoculadas com diferentes níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2) de *Meloidogyne javanica*. Pelotas/ RS, 2015.

Entre os atributos visuais dos *chips* avaliados, os valores mais elevados para “cor” indicam perda de qualidade pelo gradual escurecimento com o aumento do nível de inóculo. A cor desenvolvida nos *chips* é proveniente do processo de fritura e tem sido atribuída à reação de Maillard que ocorre entre os açúcares redutores e os aminoácidos livres (TALBURT; SCHWIMMER; BURR, 1975). Os teores de açúcares redutores são altamente correlacionados com os teores de glicose (PEREIRA et al., 1994), sendo que a associação do teor de açúcares com a cor da fritura é mais elevada com a glicose (MILLER; HARRINGTON; KUHN, 1995). A relação entre o teor de açúcares redutores e a cor do produto final é curvilínea com um *plateau* em nível de cor escura (MARQUEZ; AÑON, 1986). Portanto, para detectar diferenças de qualidade de tubérculos para processamento quanto à cor de fritura entre genótipos, há maior precisão pela comparação do teor de açúcares redutores (PEREIRA; CAMPOS, 1999). De acordo com Silva; Santos (2007), o aumento da temperatura durante o processamento industrial permite com que os açúcares redutores e aminoácidos livres iniciem a reação de Maillard ou de escurecimento não enzimático, alterando a cor e o sabor da batata frita nos pontos onde ocorre a infecção pelos nematoides, uma vez que a intensidade de sintomas (“pipocas”) em tubérculos de batata infectados com tais patógenos parece estar

correlacionada positivamente com o aumento da glicose e sacarose, conforme foi observado para as cvs. Bel e Asterix no capítulo dois desse trabalho.

Quanto à qualidade dos tubérculos para comercialização e ao abastecimento das indústrias de batata frita, o tipo predominante no Brasil é a batata tipo *chips* (SILVA, 1991). Nesse contexto, o baixo teor de açúcares redutores é uma importante característica (SILVA; SANTOS, 2007), assim como o alto teor de matéria seca (LOISELLE; TAI; CHRISTIE, 1990), o qual determina a absorção de óleo durante a fritura, a textura, o sabor e o rendimento de *chips* (SILVA, 1991), onde altos teores de açúcares redutores e baixo teor de matéria seca estão relacionados com a baixa qualidade do produto. Entretanto, no que tange a inter-relação entre qualidade de tubérculos de batata processados e *Meloidogyne* spp., existem apenas relatos de que tubérculos injuriados pelos nematoides de galhas, tem sua qualidade reduzida em função da infecção causada por tais patógenos não havendo explicações ou trabalhos mais aprofundados acerca das alterações visuais e sensoriais. Tais resultados evidenciam a necessidade de condução de pesquisas nessa linha, uma vez que, mesmo nos níveis de inóculo mais baixos aqui testados, foi verificada perda de qualidade principalmente para os *chips*. Assim, técnicas de manejo visando redução de inóculo inicial de *Meloidogyne* spp. no solo são importantes em sistemas de produção de batata visando a melhoria da qualidade sanitária dos tubérculos, contribuindo dessa forma, para a economia e redução do custo efetivo do produto para o consumidor (PIETERSE, 2014).

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade sensorial e visual em batata *chips* provenientes de tubérculos de plantas da cultivar BRSIPR Bel, 70 dias após a inoculação com diferentes níveis de inóculo (0, 625, 1250, 2500 ou 5000 ovos + J2) de *Meloidogyne javanica*. Pelotas/RS, 2015.

Nível de inóculo	Cor	Uniformidade	Centro		Borda escura	Defeitos	Qualidade visual		Sabor		Crocância	Qualidade	Gostar
			escuro	claro			amargo	característico	estranho				
0	0,30 e	8,88 a	0,13 b	0,33 e	0,08 d	8,76 a	0,11 e	8,03 a	0,14 e	4,43 a	8,67 a	8,00 a	
625	1,78 d	6,85 b	0,25 b	2,72 d	3,49 c	5,20 b	0,80 d	6,96 b	0,84 d	4,18 a	5,32 b	5,35 b	
1250	2,40 c	5,33 c	0,13 b	4,46 c	5,03 b	4,34 c	2,06 c	5,91 c	2,29 c	3,55 b	4,43 c	3,62 c	
2500	4,45 b	3,67 d	1,43 a	6,22 b	5,17 b	2,98 d	3,71 b	4,57 d	3,07 b	3,06 c	3,69 d	3,45 c	
5000	7,05 a	1,77 e	0,96 a	8,60 a	8,6 a	0,40 e	4,38 a	3,02 e	4,49 a	3,01 c	2,78 e	0,48 d	
CV (%)	16,39	9,29	46,91	8,40	11,11	9,81	19,74	9,37	20,24	12,25	9,13	11,93	

Médias seguidas por letras iguais e maiúsculas não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%; CV = Coeficiente de Variação.

4.3.3 Histopatologia comparada de raízes e tubérculos de batata infectados com *Meloidogyne javanica*

Através de observações microscópicas anatômicas de cortes transversais das raízes de batata não inoculadas com *M. javanica* (controle), na fase de crescimento secundário, evidencia-se que os tecidos vasculares no cilindro central e a periderme como tecido de proteção, apresentam-se sem alterações anatômicas típicas do parasitismo pelo nematoide das galhas, conforme pode ser observado em sessões de raízes da cv. Asterix na Figura 7A. No tratamento cujas plantas de batata foram inoculadas com *M. javanica*, as secções transversais das raízes com galhas revelaram o estabelecimento de sítios de alimentação do nematoide, constituídos por células gigantes no cilindro vascular (Figura 7B-E). Estas células, apresentaram-se em número de até seis, multinucleadas e com nucléolo proeminente, com citoplasma denso, inúmeros vacúolos e paredes celulares mais espessas, apresentando-se parcialmente fragmentadas, indicando possível processo de degradação (Figura 7C-E). A forma adulta de *M. javanica* presa ao sítio de alimentação (Figura 7E) e a presença de massa de ovos comprimindo as células adjacentes observadas na figura 7F, evidenciam que o patógeno completou seu ciclo de vida. Similarmente, análises comparativas em raízes de plantas de batata infectadas com *M. javanica* também demonstraram alterações celulares nos tecidos do córtex, endoderme e periciclo e no sítio de alimentação. No entanto, cada fêmea adulta foi cercada por três ou quatro células gigantes mostrando um citoplasma granuloso e com numerosos núcleos e nucléolos hipertrofiados (VOVLAS et al., 2005; DOUCET et al., 2007).

Em espécies vegetais, há produção de gomas em resposta à infecção por patógenos, isolando o local e, em consequência, o patógeno pode morrer por inanição, caracterizando uma resposta de hipersensibilidade, ligada a uma região localizada de células necróticas (DROPKIN, 1969; HO et al. 1992; LEITE; STANGARLIN, 2008). No caso de fitonematoides, a resposta da reação de hipersensibilidade aparece nas primeiras 24 horas após a inoculação, quando as células da planta e o patógeno morrem; porém, o grau de necrose dos tecidos e o tempo de ocorrência podem diferir, mesmo em plantas de uma mesma espécie (PIPOLO; FERRAZ, 1999). Nas raízes de todas as cultivares de batata avaliadas, observou-se a compressão de células parenquimáticas ao redor das regiões

infectadas por *M. javanica*, bem como produção de substância péctica, conforme sessão transversal da raiz da cv. Asterix apresentada na figura 7C.

A penetração de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne* spp. geralmente ocorre na região adjacente à coifa da raiz ou nos primórdios das raízes laterais (BYRNE; PESACRETA; FOX, 1977) e, após, migram intra ou intercelularmente do córtex para a região de diferenciação celular (HUSSEY, 1985). A forma como o nematoide das galhas inicia seu processo de parasitismo tem sido descrito em literaturas recentes, em diversos patossistemas, como por exemplo, *Meloidogyne* spp. - batata (DOUCET et al., 2007; TORDABLE; LAX; DOUCET, 2008), *M. javanica* – batata (VOVLAS et al., 2005), *M. paranaensis* - soja (MORITZ et al., 2008), *M. javanica* – tomate (WESTERICH et al., 2012), *M. incognita* – algodão (CARNEIRO et al., 2005), *Meloidogyne* spp. – pimenta (PEGARD et al., 2005) e *M. graminicola* – arroz (CABASAN et al., 2014). Apesar de se conhecer o processo de penetração do nematoide das galhas nos tecidos da planta hospedeira, no presente trabalho não foi possível verificar o início da penetração, pois as análises foram realizadas após a infecção dos tecidos pelo patógeno.

Pela análise dos sítios de infecção do nematoide no hospedeiro, verificou-se a formação de tecido hiperplásico próximo ao cilindro vascular no tecido radicular das diferentes cultivares de batata avaliadas (Figura 7C-D). No patossistema videira x *M. ethiopica*, Tordable et al. (2012) verificou que raízes da cultivar Cabernet Sauvignon (suscetível), atacados pelo nematoide, produziram galhas de aproximadamente 5mm de diâmetro, onde se detectou um importante aumento do cilindro central devido a presença de tecido hiperplásico. De acordo com os mesmos autores, células gigantes em diferentes etapas de desenvolvimento demonstraram sítios de alimentação imersos no xilema, causando a redução do mesmo e do câmbio vascular (TORDABLE et al., 2012), informações essas também verificadas no presente estudo pela constituição do sítio de alimentação próximo ao sistema vascular (Figura 6C-D).

Análises histopatológicas da área central das galhas demonstraram que alterações induzidas pelo nematoide, no córtex e cilindro central de raízes parasitadas de *Vitis vinifera* por exemplo, levaram ao desenvolvimento de células gigantes, redução de tecidos vasculares e aumento no diâmetro do cilindro central devido à presença de tecido parenquimatoso hiperplásico, como o encontrado por

Doucet e colaboradores (2007), onde estes autores verificaram uma redução nos elementos de condução, pela ocupação quase que total do sincício. Da mesma forma, o aumento do tamanho do corpo das fêmeas também causou danos nas células do córtex e zona central das galhas conforme já observado por Tordable et al. (2012). Ainda, a redução dos tecidos vasculares também envolveu o câmbio vascular, afetando a formação do tecido vascular secundário. Em plantas de *V. vinífera* x *V. rotundifolia*, parasitadas por *M. javanica* foi indicado que alterações muito marcadas do cilindro central, especialmente a presença de sítios de alimentação, interromperam o tecido vascular radicular (VOVLAS; INSERRA; MARTELLI, 1978).

As alterações histológicas nos tubérculos de batata foram semelhantes às aquelas produzidas pelo nematoide das galhas nas raízes. Contudo, a quantidade de mucilagem (substância péctica) produzida nas células dos tubérculos, aparentemente foi maior; porém não houve quantificação nas amostras infectadas (Figura 8A-F). No entanto, é evidente a desorganização celular presente no tecido parenquimático dos tubérculos infectados (Figura 8B) e a formação das células gigantes (Figura 8C). De acordo com a Figura 8D-E, observa-se degradação da parede celular e a presença de mais de um nucléolo no núcleo nas sessões dos tubérculos infectados pelo nematoide, semelhantemente ao observado nos cortes histológicos das galhas das raízes.

Apesar da formação de células gigantes multinucleadas e de citoplasma granulosos, os tecidos de tubérculos infectados por *M. javanica* apresentaram a organização com cerca de três a quatro células foi diferente daquela encontrada nas galhas das raízes, onde foi observado seis células. Em raízes de milho, também foi possível encontrar muitos nematoides em diferentes fases de desenvolvimento, causando completa desorganização dos tecidos (ASMUS; FERRAZ; APPEZZATO DA GLÓRIA, 2000), porém nos fragmentos de tubérculos de batata utilizados para esse estudo, não foi possível constatar tal intensidade de parasitismo. Caso áreas dos tubérculos com áreas de menor intensidade de “pipocas” tivessem sido coletadas, tais observações poderiam ser elucidadas.

Outra particularidade evidente nos cortes dos tubérculos de batata analisados, foi a presença de grãos de amido (Figura 8A-F). No geral, estes grãos são muito numerosos e ficam próximos da parte anterior do nematoide e, sua formação é provavelmente associada à alimentação (SCHUSTER; SANDSTEDT;

ESTES, 1964). A formação dos sítios de alimentação é acompanhada por uma enorme importação de soluto em sincícios, levando a níveis altamente elevados de açúcares e, assim, à pressão osmótica elevada (HOFFMANN et al., 2007). Nesse sentido, tais observações podem estar relacionadas ao fato de que tubérculos de batata acumulam uma quantidade maior de amido em comparação às raízes. Porém, a condução de análises bioquímicas e histopatológicas adicionais de raízes e tubérculos infectados com o nematoide, seriam necessárias para inferir possíveis relações quanto a sua influência no parasitismo em função das alterações aqui observadas.

Tordable; Lax; Doucet (2008) ao estudarem alterações histopatológicas induzidas por *M. javanica* em combinação com *M. incognita* em tubérculos de batata "Tuni" de *Solanum tuberosum* subsp. *andigenum*, verificaram a presença de citoplasmas densos, pouco vacuolizados e de aspecto granular, apesar de não encontrarem galhas ou qualquer aparência de rugosidade desses tubérculos em consequência do ataque do nematoide das galhas. Dessa forma, tais informações refletem na necessidade de investigações futuras quanto ao limiar de dano econômico em função dos níveis populacionais do nematoide no solo conforme já mencionado anteriormente.

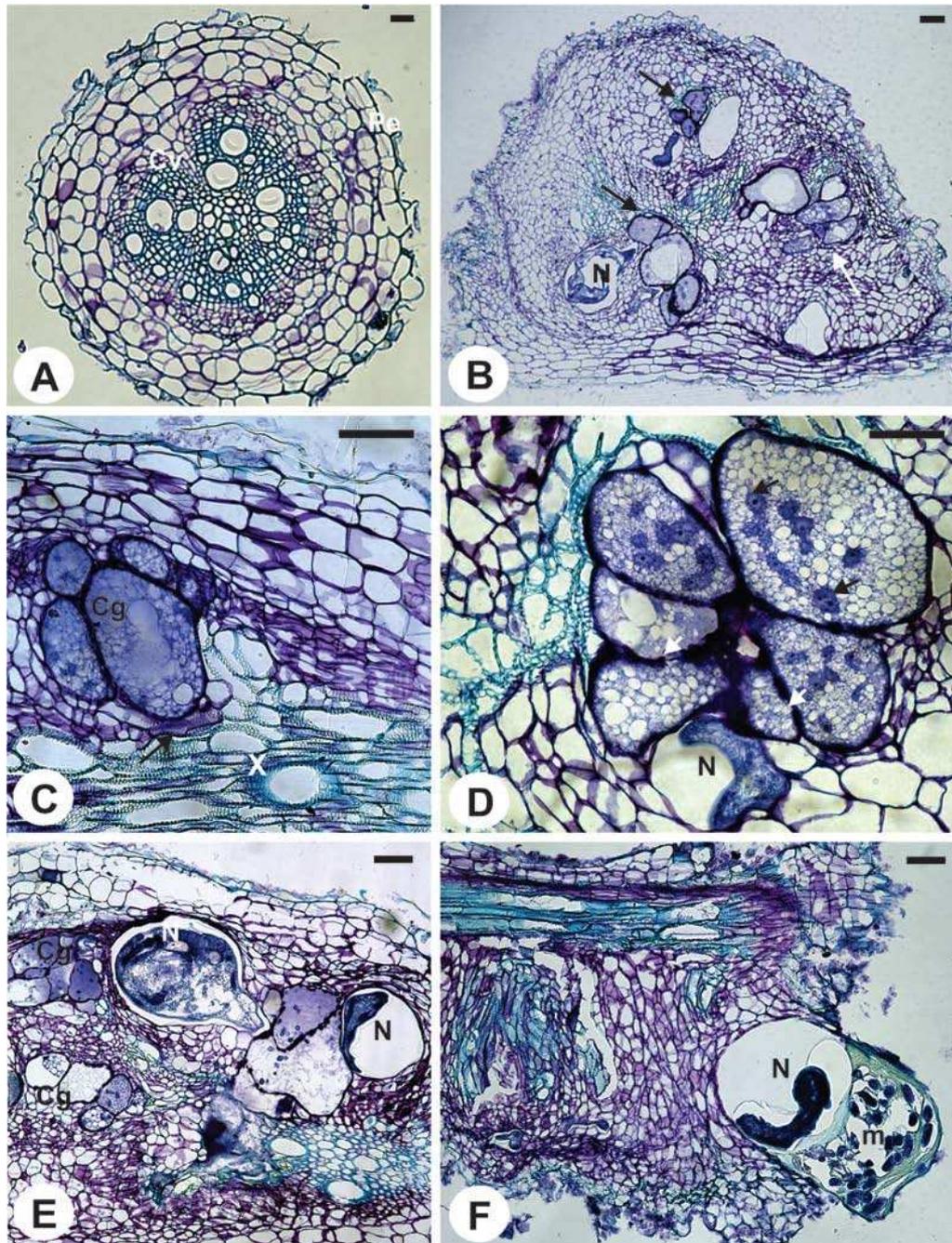


Figura 7 - A-D. Secção transversal da raiz de *Solanum tuberosum* cv. Asterix. A. Raiz testemunha em fase secundária de desenvolvimento evidenciando cilindro vascular e periderme, 70 dias após a inoculação de *Meloidogyne javanica*. B. Formação de células gigantes (setas) na raiz infectada pelo nematoide. C. A seta indica células parenquimáticas comprimidas e substância péctica. C-D. As células gigantes mostram vários núcleos com nucléolos proeminentes (pontas de setas pretas) e parede celular parcialmente fragmentada (pontas de setas brancas). *S. tuberosum* cv. BRSIPR Bel (E) e *S. tuberosum* cv. BRS Clara (F) evidenciando a infecção por nematoides incluindo a presença de massa de ovos. Note a fragmentação das paredes celulares nas células gigantes. Cv = cilindro vascular; Cg = células gigantes; m = massa de ovos; N = nematoide; Pe = periderme. Barras: A, B, C, E, F = 100 μ m; D = 50 μ m.

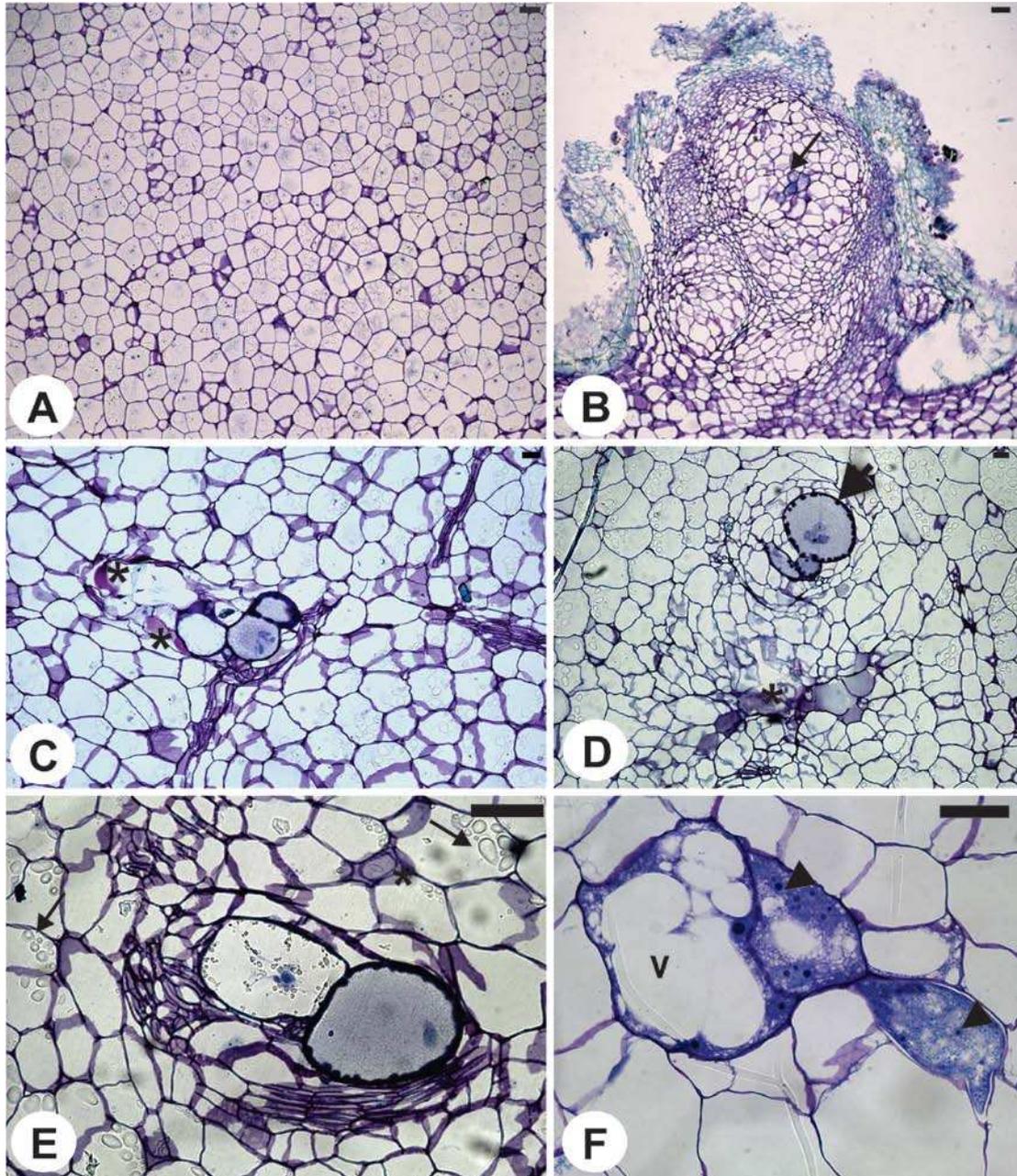


Figura 8 - A. Secção transversal do tubérculo testemunha de *Solanum tuberosum* cv. Asterix mostrando parênquima amilífero sem alterações celulares. B. Secção transversal da galha formada no tubérculo de *S. tuberosum* cv. Asterix após inoculação de 1250 ovos de *Meloidogyne javanica* evidenciando alteração celular no parênquima (seta), 70 dias após a inoculação do nematoide. No tubérculo da cultivar BRS Clara e BRSIPR Bel (C e D, respectivamente) é possível observar as alterações celulares (células gigantes), bem como a produção de substância pécica (asteriscos). A degradação da parede celular é evidenciada em D (seta). E. Grãos de amido indicados pelas setas (cv. BRSIPR Bel). F. Detalhe das células gigantes multinucleadas (pontas de setas), citoplasma com numerosos vacúolos (V). Barras: A, B = 100µm; C, D = 50µm; E = 20µm; F = 10µm.

De uma forma geral, tubérculos de batata infectados pelo nematoide das galhas sem sintomas a olho nu são facilmente encontrados (VOVLAS et al., 2005). Assim, a sua utilização como batata semente se constitui em riscos no processo produtivo. Desta maneira, a utilização de tubérculos infectados por *Meloidogyne* ou outro nematoide-praga da batata favorece a dispersão desses patógenos, sendo de particular importância o emprego de cultivares menos suscetíveis ao nematoide das galhas e que apresentem menos defeitos quanto ao processamento industrial, uma vez que os tubérculos são praticamente inviabilizados quando apresentam infecção por *Meloidogyne* spp. Dessa maneira, reforça-se a necessidade de trabalhos relacionando-se, além da resistência genética ao nematoide, o estudo pareado do potencial de danos causados por esses patógenos em tubérculos de diferentes cultivares de batata, tendo como alvo a seleção de materiais genéticos de maior qualidade mesmo na presença do patógeno.

4.4 Conclusão

- Níveis mais elevados de inóculo do nematoide das galhas (*M. javanica*) em plantas de batata, associados a um maior período de armazenamento dos tubérculos maior, intensificam os danos causados pelo patógeno;
- Tubérculos de batata infectados pelo nematoide das galhas tem sua qualidade afetada negativamente quanto ao aspecto sensorial e visual na forma de *chips* ou cozida;
- Alterações histopatológicas como número de células gigantes, produção de mucilagem e presença de grânulos de amido são distintas entre raízes e tubérculos de batata infectados pelo nematoide das galhas.

5 Conclusão Geral

- Genótipos e cultivares de batata do programa de melhoramento genético da Embrapa apresentam diferentes níveis de suscetibilidade ao nematoide das galhas *Meloidogyne javanica*.

- Os níveis populacionais de *M. javanica* em cultivos de batata da cv. Clara são influenciadas pelo período plantio do ano.

- Plantas de batata submetidas a menores níveis de inóculo de *M. javanica* resultam em maior reprodução do nematoide das galhas; e, densidade de inóculo inicial mais elevadas causam maiores danos e influenciam em características bioquímicas associadas à qualidade dos tubérculos, sendo essas interações, passíveis de serem influenciadas pela cultivar de batata.

- Tubérculos de batata provenientes de plantas das cvs. Asterix, Bel e Clara inoculadas com mais de 1250 nematoides, apresentam alterações no aspecto visual da polpa, sendo essas mudanças intensificadas com o aumento do período de armazenamento.

- Tubérculos de batata infectados por *M. javanica* na forma de *chips* ou cozida tem sua qualidade afetada negativamente quanto aos aspectos sensorial e visual.

- Existem diferenças quanto às alterações histopatológicas quanto ao número de células gigantes, produção de mucilagem e presença de grânulos de amido entre tecidos de raízes e tubérculos de batata infectados por *M. javanica*.

6 Referências

ABRÃO, M.M.; MAZZAFERA, P. Efeitos do nível de inóculo de *Meloidogyne incognita* em algodoeiro. **Bragantia**, v.60, n.1, p.19-26, 2001.

ADEGOKE, G.O.; VIJAY KUMAR, M.; GOPALA KRISHNA, A.G.; VARADARAJ, M.C.; SAMBAIAH, K.; LOKESH, B.R. Antioxidants and lipid oxidation in food – a critical appraisal. **Journal of Food Science Technology**, v.35, n.4, p.283-398, 1998.

ALMEIDA, V.F.; CAMPOS, V.P.; D'ARC LIMA, R. Flutuação populacional de *Meloidogyne exigua* na rizosfera do cafeeiro. **Nematologia Brasileira**, v.11, n.1, p-159-175, 1987.

ALMEIDA, E.J.; SANTOS, J.M.; MARTINS, A.B.G. Flutuação populacional de *Meloidogyne enterolobii* em pomar de goiabeira (*Psidium guajava*). **Nematologia Brasileira**, v. 34, n.3, p.164-168, 2010.

ALMEIDA, V.F. Nematoides em fruteiras. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.16, n.172, p.26-30. 1992.

AOAC. **Official methods of analysis**. 16ed. Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists, 1990. 1015p.

ARAUJO; T.H. **Produtividade de cultivares de batata e atributos de qualidade para processamento industrial nas formas de palha e chips**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, Brasil. 104f.

ASMUS, G.L.; FERRAZ, L.C.C.B.; APPEZZATO DA GLÓRIA, B. Alterações anatômicas em raízes de milho (*Zea mays* L.) parasitadas por *Meloidogyne javanica*.

Nematropica, v.30, n.1, p.33-39, 2000.

BAPTISTA, M.J.; LOPES, C.A.; SOUZA, R.B.; FURUMOTO, O. Efeito da solarização e biofumigação, durante o outono, na incidência de murcha bacteriana e produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.99-102, 2006.

BARKER, K.R.; STARR, J.L.; SCHMITT, D.P. Usefulness of egg assays in nematode population density determinations. **Journal of Nematology**, v.19, n.1, p.130-134, 1987.

BARKER, K.R. Introduction and synopsis of advancements in nematology. In: BARKER, K.R.; PEDERSON, G.A.; WINDHAM, G.L. (Ed.). **Plant and Nematode Interactions**. Madison: American Society of Agronomy, p.1-20. 1998.

BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.6, p.553, 1981.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, v.28, p.25-30, 1995.

BRINKMAN, H.; MULDER, A. Columbia root-knot nematode. In: ASSCHEMAN, E.; BOKX, J. A.; BRINKMAN, H.; BUS, C. B.; Van DELFT, M.; HOTSMA, P. H.; MEIJERS, C. P.; MULDER, A.; SCHOLTE, Y.; TURKENSTEEN, L. J.; WUSTMAN, R.; Van Der ZAAG, D. E. (Ed.). **Potato disease: disease, pest and defects**. Holland: NIVAA, 1996, 180p.

BRODY, J. Pointers on potatoes: potential of processed potatoes on the increase; product variables and process factors discussed; varieties check listed. **Food Engineer**, v.47, n.9, p.124-132, 1969.

BROWN, C.R.; MOJTAHEDI, H.; SANTO, G.S. Resistance to Columbia root-knot nematode in *Solanum* ssp. and in hybrids of *S. hougasii* with tetraploid cultivated potato. **American Potato Journal**, v.68, n.7, p.445-452, 1991.

BROWN, C. R.; MOJTAHEDI, H. Breeding potato for resistance to *Meloidogyne* species and trichodoriid-vectored viruses. In:_____. **Breeding the Solanaceae** (in press), 2004. 2p.

BROWN, C.R.; MOJTAHEDI, H.; JAMES, S.; NOVY, R.G.; LOVE, S. Development and evaluation of potato breeding lines with introgressed resistance to columbia root-knot nematode (*Meloidogyne chitwoodi*). **American Journal of Potato Research**, v.83, p. 1-8, 2006.

BYRNE, J.M.; PESACRETA, T.C.; FOX, J.A. Vascular pattern change caused by a nematode, *Meloidogyne incognita*, in the lateral roots of *Glycine max* (L.). **Meridian American Journal Botanic**, v.64, n.8, p.960-965, 1977.

CABASAN, M.T.N.; KUMAR, A.; BELLAFIORE, S.; DE WAELE, D. Histopathology of the rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola*, on *Oryza sativa* and *O. glaberrima*. **Nematology**, v.16, p.73-81, 2014.

CAMPOS, H.D.; SILVA, J.R.C.; CAMPOS, V.P.; SILVA, L.H.C.P.; COSTA, L.S.A.S.; SILVA, W.J.R. Efeito da temperatura do solo na infectividade e reprodução de *Meloidogyne javanica* e *Heterodera glycines* em cultivares de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.5, p.900-907, 2011.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM - AGRI: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n.2, p.18-24, 2001.

CAPEZIO, S. et al. Selección por peso específico en generaciones tempranas en el mejoramiento de la papa. **Revista Latinoamericana de la Papa**, v.5/6, n.1, p.54-63, 1992/93.

CARNEIRO, R.G.; MAZZAFERA, P.; FERRAZ, L.C.C.B. Carbon partitioning in soybean infected with *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. **Journal of Nematology**, v.31, n.3, p.348-355, 1999.

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides das galhas para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**. v.25, n.1, p.35-44, 2001.

CARNEIRO, R.M.D.G.; NEVES, D.I.; FALCÃO, R.; PAES, N.S.; CIA, E.; SÁ, M.F.G. Resistência de genótipos de algodoeiro a *Meloidogyne incognita* raça 3: reprodução e histopatologia. **Nematologia Brasileira**, v.29, n.1, p.1-10, 2005.

CASTRO, J.M.C.E.; SOUZA, R.M.; CARNEIRO, R.M.D.C. Variabilidade isoenzimática de populações de *Meloidogyne* spp. proveniente de regiões brasileiras produtoras de soja. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n.3, p. 1-12. 2003.

CHARCHAR, J.M. Nematoides de importância para a cultura da batata. **Informe Agropecuário**, v.7, n.76, p.50-54, 1981.

CHARCHAR, J.M. Comportamento de cultivares de batata à infecção por nematoides das galhas. I *Meloidogyne incognita* raça 1. **Horticultura Brasileira**, v.8, n.1, p-39.1990.

CHARCHAR, J. M. *Meloidogyne* em hortaliças. In: _____. CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL, XXVII; CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA, 19; ENCONTRO ANUAL DA ORGANIZAÇÃO DOS NEMATOLOGISTAS DA AMERICA TROPICAL, 27, 1995, Rio Quente. Programa e **anais...** Rio Quente: SBN/ONTA, 1995. p.149-153.

CHARCHAR, J. M. Nematoides associados a cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) nas principais regiões de produção do Brasil. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.21, n.2, p.49-60, 1997.

CHARCHAR, J. M.; ARAGÃO, F. A. Variação anual da população mista de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *M. javanica* em cultivos de batata “Bintje” no campo. **Nematologia Brasileira**. v.29, n.2, p.225-231, 2005.

CHARCHAR, J. M.; MOITA, A. W. Resistência de genótipos de batata a *Meloidogyne javanica*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, p.535-540, 2001.

CHARCHAR, J. M.; MOITA, A. W. Reação de cultivares de batata à infecção por *Meloidogyne incognita* raça 1. **Horticultura Brasileira**, v.14, n.2, p.189-193, 1996.

CHARCHAR, J. M.; MOITA, W. M. Reação de cultivares de batata a uma infestação mista de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, v.21, p.39-47, 1997.

CHARCHAR, J. M.; OLIVEIRA, V. R.; MOITA, A. W. Penetração, desenvolvimento e reprodução de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *M. javanica* em cultivares de batata no campo. **Nematologia Brasileira**. v.33, n.2, p.147-153, 2009.

CHAVES, E.; TORRES, M.S. Nematodos parasitos de la papa em regiones productoras de papa semilla em la Argentina. **Revista de la Facultad de Agronomia**, v.21, n.3, p.245-259, 2001.

CHITWOOD, D.J. Phytochemical based strategies for nematode control. **Annual Review of Phytopathology**, v.40, p.221-249, 2002.

CHITWOOD, D.J. Research on plant-parasitic nematode biology conducted by the United States Department of Agriculture - Agriculture Research Service, **Pest Management Science**, v.59, p.748-753, 2003.

COELHO, A.H.R.; VILELA, E.R.; CHAGAS, S.J.R. Qualidade de batata (*Solanum tuberosum* L.) para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e de amido, durante armazenamento refrigerado e à temperatura ambiente com atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.4, p.899-910, 1999.

COFCEWICZ, E.T.; CARNEIRO, R.M.D.C.; CASTAGNONE-SERENO, P.; QUÉNÉHERVÉ, P. Enzyme phenotypes and genetic diversity of root-knot nematodes parasiting *Musa* in Brazil. **Nematology**, v.6, p. 85-95. 2004.

DANIELS, J.; SCHONS, J. Viroses. In: PEREIRA, A.S.; DANIELS, J. (Ed.) **O cultivo da batata na região Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003. p.300-320.

DI VITO, M.; GRECO, N.; CARPUTO, D.; FRUSCIANTE, L. Response of wild and cultivated potato clones to italian populations of root knot nematodes *Meloidogyne* spp. **Nematropica**, v.33, p.65-72, 2003.

DICKSON, D.W.; DE WAELE, D. Nematode parasites of peanut. In: **Plant parasitic subtropical and tropical agriculture**. Wallingford: CAB International, 2005. p. 393-436.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; SPIRONELLO, A.; MARTINS, A.L.M. Dinâmica populacional de nematoides fitoparasitos em cultura de abacaxi. **Nematologia Brasileira**, v.21, n.1, p.49-57, 1997.

DJIAN-CAPORALINO, C.; FAZANI, A.; ARGUEL, M.J.; VERNIE, T.; VANDECASTEELE, C.; FAURE, I.; BRUNOUD, G.; PIJAROWSKI, L.; PALLOIX, A.; LEFEBVRE, V.; ABAD, P. Root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) *Mi* resistance genes in pepper (*Capsicum annuum* L.) are clustered on the P9 chromosome. **Theoretical Applied Genetic**, v.114, p.473-486, 2007.

DONG, L.Q.; ZHANG, K.Q. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five party-interaction. **Plant Soil**, v.288, n.1, p.31-45, 2006.

DOUCET, M.E.; LAX, P.; LORENZO, E.; GALLARDO, C.; MURUAGA DE L'ARGENTIER, S. Observaciones histológicas de fitonematodos sedentarios en dos variedades de papa andina (*Solanum tuberosum* L. subsp. *andigenum*) del norte argentino. **Nematropica**, v.37, n.1, p.121-125, 2007.

DROPKIN, V.H. The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistant to *Meloidogyne*: reversal by temperature. **Phytopathology**, v.59, n.11, p.1632-1637, 1969.

EISENBACK, J. D.; TRIANTAPHYLLOU, H. H. Root-Knot nematode: *Meloidogyne* sp. and races. In: NICKLE, W. R. (Ed) **Manual of agricultural nematology**. New York. p.191-274, 1991.

ESTEVEZ, I.; MALEITA, C.; ABRATES, I. Root-lesion and root-knot nematodes parasitizing potato. **European Journal of Plant Pathology**, v.140, n.2, 2014.

EVANS, A. Diapause in nematodes as a survival strategy. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. **Vistas on nematology**. Hyattsville: Society of Nematologists, p.180-187, 1987.

FERRAZ, L.C.B. As meloidoginoses da soja: passado, presente e futuro. In: SILVA, J. F. V. (Org.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: EMBRAPA Soja; Sociedade Brasileira de Nematologia, cap. 1, p.15-38, 2001.

FORBES, G.A. Using host resistance to manage potato late blight with particular reference to developing countries. **Potato Research**, v.55, p.205-216, 2012.

GOMES, C. B.; SOUZA, R. M. Doenças Causadas por Nematoides, In: PEREIRA, A.S.; DANIELS, J. (Ed.) **O cultivo da batata na região Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003. p.321-349.

GONÇALVES, W.; FERRAZ, L.C.C.B.; LIMA, M.M.A.; SILVAROLLA, M.B. Patogenicidade de *Meloidogyne exigua* e *Meloidogyne incognita* raça 1 a mudas de cafeeiro. **Bragantia**, v.55, n.1, p.89-93, 1996.

GOULART, R.R. **Desenvolvimento e respostas fisiológicas de mudas de cafeeiro parasitado por *Meloidogyne exigua* e *M. paranaensis***. 2011. 68f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, Brasil.

GRECO, N. Nematode problems affecting potato production in subtropical climates. **Nematropica**, v.23, n.2, p.213-220, 1993.

HARRISON, J.G. Effects of the aerial environment on late blight of potato foliage – a review. **Plant Pathology**, v.41, p.384-416, 1992.

HAYES, R.J., THILL, C.A. Selection for cold chipping genotypes from three early generations in a potato breeding program. **Euphytica**, v.128, p.353–362, 2002.

HO, J.Y.; WEIDE, R.; MA, H.M.; WORDRAGEN, M.F.; LAMBERT, K.N.; KOORNNEEF, M.; ZABEL, P.; WILLIAMSON, V.M. The root-knot nematode resistance gene (*Mi*) in tomato: construction of a molecular linkage map and identification of dominant cDNA markers in resistant genotypes. **Plant Journal**, v.2, p.971-982, 1992.

HOFFMANN, J.; WIECZOREK, K.; BLÖCHL, A.; GRUNDLER, F.M.W. Sucrose supply to nematode-induced syncytia depends on the apoplasmic and the symplasmic pathway. **Journal of Experimental Botany**, v.58, p.1591-1601, 2007.

HOFFMANN, J.; SZAKASITS, D.; BLÖCHL, A.; SOBCZAK, M.; DAXBÖCK-HORVATH, S.; GOLINOWSKI, W.; BOHLMANN, H.; GRUNDLER, F.M.W. Starch serves as carbohydrate storage in nematode-induced syncytia. **Plant Physiology**, v.146, p.228-235, 2008.

HUANG J. S. Mechanisms of resistance to root-knot nematodes. In: BARKER, K. R.; CARTER, C. C.; SASSER, J. N. (Eds). **An advanced treatise on *Meloidogyne*: Biology and control**. Raleigh: North Carolina State University, 1985. p.165-175.

- HUSSEY, R.S. Host-parasite relationship and associated physiological changes. In: SASSER, J.N.; CARTER, C.C. (ed.). **An advanced treatise on *Meloidogyne*. I – Biology and control**. North Caroline State University Graphics, Raleigh, 1985. p.143-153.
- HUSSEY, R.S.; JANSEN, G.J.W. Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species. In: STARR, J.L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant resistance to parasitic nematodes**. Wallingford: CABI, 2002. p. 43-70.
- HUSSEY, R.S.; BARKER, K.B. A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp., including a new technique. **Plant Disease**. v.57, p.1025-1028, 1973.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Agrícola**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acessado em: fevereiro de 2014.
- INOMOTO, M.M. Nematoides em batata. **Batata Show**, v.1, n.1, 2001.
http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/revista.asp?id_REVCAT=1&id_REVCO N=41 Acessado em 28 de abril de 2015.
- JATALA, P.; BOOTH, R.H.; WIERSEMA, S.G. Development of *Meloidogyne incognita* in stored potato tubers. **Journal of Nematology**, v.14, p.142-143, 1982.
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, n.9, p.692, 1964.
- JIMENEZ-PEREZ, N.; CROZZOLI, R.; GRECO, N. Nematodos fitoparasitos asociados com el cultivo de la papa en el estado Lara, Venezuela. **Fitopatologia Venezolana**. v.20, n.2, p.34-40, 2007.
- KARNOVSKY, M.J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, New York, v.27, p.137-138, 1965.

KARSSSEN, G.; MOENS, M. Root-Knot Nematodes In: PERRY, R. N.; MOENS, M. (Eds) **Plant Nematology**, Cambridge, USA, CABI North American Office, p.60-90, 2006.

KORAYEM, A.M.; MOHAMED, M.M.M.; ABOU-HUSSEIN, S.D. Damage threshold of root-knot nematode *Meloidogyne arenaria* to potatoes grown in naturally and artificially infected and its effect on some tubers properties. **Journal of Applied Sciences Research**, v.8, n.3, p.1445-1452, 2012.

LAUGHLIN, C.W.; LORDELLO, L.G.E. Sistemas de manejo de nematoides: relações entre a densidade de população e os danos à planta. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, v.2, p.15-24, 1977.

LEITE, B.; STANGARLIN, J.R. Fisiologia e bioquímica de doenças fúngicas. In.: PASCHOLATI, S.F.; LEITE, B.; STANGARLIN, J.R.; CIA, P. **Interação Planta-Patógeno**, Piracicaba, FEALQ, 2008. p.115-152.

LEVY, D.; KEDAR, N. *Solanum tuberosum*. In: HALEVY, A.H. **CRC Handbook of flowering**. Boca Raton: CRC, 1985. V. IV, p.363-366.

LEVY, D.; VEILLEUX, R.E. Adaptation of potato to high temperatures and salinity: a review. **American Journal of Potato Research**, v.84, n.6, p.487-506, 2007.

LIMA-MEDINA, I. **Diversidade de populações de *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp. de diferentes regiões do Sul do Brasil produtoras de batata e estudo da patogenicidade em *Solanum* spp.** 2013. 117f. Tese (Doutorado em Fitossanidade). Universidade Federal de Pelotas, RS, 2013.

LIMA-MEDINA, I.; SCHAFER, J.T.; GOMES, C.B.; VIZZOTTO, M.; KROLOW, A.C.; CARNEIRO, R.M.D.G.; CORREA, V. Aggressiveness of *Meloidogyne javanica* populations on commercial potato cultivars. **Journal of Nematology**, v.42, n.2, p.194-195, 2014.

LOISELLE, F.F.; TAI, G.C.C.; CHRISTIE, B.R. Genetic components of chip color evaluated after harvest, cold storage and reconditioning. **American Potato Journal**, v.67, p.633-646, 1990.

LOPES, C.A.; SILVA, G.O.; CRUZ, E.M.; ASSAD, E.; PEREIRA, A.S. Uma análise do efeito do aquecimento global na produção de batata no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.7-15, 2011.

MAGUNACELAYA, J. C. *Meloidogyne ethiopica* y el cultivo de la vid en Chile. In: _____. Congresso Brasileiro de Nematologia, 25, 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. 1 CD-ROM.

MARQUEZ, G.; AÑON, M.C. Influence of reducing sugars and amino acids in the color of development of fried potatoes. **Journal of Food Science**, v.51, p.157-160, 1986.

McILVAINE, T.C. A buffer solution for colorimetric comparison. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v.49, n.1, p.183-186, 1921.

MEDINA, I.L.; COILA, V.H.C.; GOMES, C.B.; PEREIRA, A.S.; NAZARENO, N.R.X. Ocorrência de *Meloidogyne ethiopica* no Paraná e reação de cultivares de batata ao nematoide das galhas. **Horticultura Brasileira**, v.32, p.482-485, 2014.

MELAKEBERHAN, H.; MENNAN, S.; CHEN, S.; DARBY, B.; DUDEK, T. Integrated approaches to understanding and managing *Meloidogyne hapla* populations parasitic variability. **Crop Protection**, v.26, n.7, p.894-902, 2007.

MILLER, R.A.; HARRINGTON, J.D.; KUHN, G.D. Effect of variety and harvest date on sugars and chip colour. **American Potato Journal**, v.52, p.379-386, 1975.

MONDY, N.I.; CHANDRA, S.; EVANS, W.D. Enzymatic discoloration and phenolic content of potato tubers from cultivars resistant and susceptible to the golden nematode. **American Potato Journal**, v.62, p.207-213, 1985.

MONTERO, Z; GARCIA, C; SALAZAR, L.; VALVERDE, R.; GÓMEZ-ALPÍZAR, L. Detección de *Meloidogyne incognita* en tubérculos de papa em Costa Rica. *Agronomia Costarricense*, **Nota Técnica**, v.31, n.1, p.77-84, 2007.

MORITZ, M.P.; CARNEIRO, R.G.; SANTIAGO, D.C.; NAKAMURA, K.C.; PIGNONI, E.; GOMES, J.C. Estudo comparativo da penetração e reprodução de *Meloidogyne paranaensis* em raízes de cultivares de soja resistente e suscetível. **Nematologia Brasileira**, v.32, n.1, p.33-40, 2008.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**; v.1054, n.1/2, p.95-111, 2004.

NARDIN, I. Descartes de batata. **Batata Show**, v.7, n.19, 2007. Disponível em: http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista19_012.htm . Acessado em abril de 2015.

NAZARENO, N.R.X.; JACCOUD FILHO, D.S. Doenças Fúngicas. In: **O cultivo da batata na região Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003. p.239-276.

NAZARENO, N. R. X.; FILHO, D. S. J. Manejo Integrado de Doenças, In: _____. **Produção Orgânica de Batata**, Capítulo 6. 123-178p. 2009.

NELSON, N.A fotometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biology Chemistry**, v.153, p. 375-80, 1944.

NELSON, N.A.; JENKINS, P.D.; GILLISON, T.C. Processing potential of potato cultivars at early harvests. **Potato Research**, v.31, p.633-642, 1988.

NICHOLSON, R.L.; HAMMERSCHMIDT, R. Phenolic compounds and their role in disease resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v.30, p.369-389, 1992.

NICHOLSON, R.L. Events in resistance expression in maize and sorghum: Molecular and biochemical perspectives. **Summa Phytopathologica**, v.21, p.95-99, 1995.

NUNES, H.T.; MONTEIRO, A.C.; POMELA, A.W.V. Uso de agentes microbianos e químico para o controle de *Meloidogyne incognita* em soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, n.3, p.403-409, 2010.

OLIVEIRA, A.M.R.; SILVEIRA, J.R.P.; DUARTE, V. Doenças bacterianas. In: PEREIRA, A.S.; DANIELS, J. (Ed.) **O cultivo da batata na região Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003. p.277-299.

OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Wageningen, **Mededelingen Landbouwhogeschool**, v. 66, p. 1-46. 1966.

PÁDUA, J.G.; ARAÚJO, T.H.; CARMO, E.L.; MARGOSSIAN, P.L.; PEREIRA, S.G. Caracterização de cultivares de batata visando o mercado segmentado. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v.8, p.36-46, 2012.

PASTORINI, L.H.; BACARIN, M.A.; TREVIZOL, F.C.; BERVALD, C.M.; FERNANDES, H.S. Produção e teor de carboidratos não estruturais em tubérculos de batata obtidos em duas épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.4, p.660-665, 2003.

PEGARD, A.; BRIZZARD, G.; FAZARI, A.; SOUCAZE, O.; ABAD, P.; DIJAN-CAPORALINO, C. Histological characterization of resistance to different root-knot nematode species related to phenolics accumulation in *Capsicum annum*. **Phytopathology**, v.95, p.158-165, 2005.

PEREIRA, A.S.; TAI, G.C.C.; YADA, R.Y.; COFFIN, R.H.; SOUZA-MACHADO, V. Potential for improvement by selection for reducing sugar content after cold storage for three potato populations. **Theoretical and Applied Genetics**, v.88, p.678-684, 1994.

PEREIRA, A.S.; COSTA, D.M. Qualidade e estabilidade de “chips” de batata. **Horticultura Brasileira**, v.15, n.1, p.62-65, 1997.

PEREIRA, A.S.; CAMPOS, A.D. Teor de açúcar em genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, v.29, n.1, p.13-16, 1999.

PEREIRA, A.S.; DANIELS, J.; FREIRE, C.J.S.; BERTONCINI, O.; NAZARENO, N.R.X.; BRISOLLA, A.D.; SALLES, L.A.B.; MADAIL, J.C.M. Produção de batata no Rio Grande do Sul. **Circular Técnica 48**, Embrapa Clima Temperado: Pelotas, RS, 14p., 2005.

PEREIRA, A.S.; NAZARENO, N.R.X.; SILVA, G.O.; BERTONCINI, O.; CASTRO, C.M.; HIRANO, E.; BORTOLETTO, A.C.; TREPTOW, R.O.; DUTRA, L.F.; LIMA, M.F.; GOMES, C.B.; KROLOW, A.C.R.; MEDEIROS, C.A.B.; CASTRO, L.A.S.; SUINAGA, F.A.; LOPES, C.A.; MELO, P.E. Cultivar de batata para *chips* com tubérculos de boa aparência. **Horticultura Brasileira**, v.33, p.135-139, 2015.

PERRY, R. N.; MOENS, M. **Plant nematology**. Pondicherry: Biddles, 2005. 447p.

PIETERSE, B.J. Nematodes as a threat to the french fry processing industry. **Journal of Nematology**, v.42, n.2, p.220-221, 2014.

PINHEIRO, J. B.; LOPES, C. A. Manejo integrado de nematoides em cultivos de batata In: _____. ZAMBOLIM, L. **Produção integrada da batata**. Volume 2. Viçosa: Universo Agrícola, p.69-94, 2011.

PINHEIRO, J.B.; LOPES, C.A.; HENZ, G.P. Medidas gerais de controle de nematoides de batata. **Circular Técnica 76**, Embrapa Hortaliças: Brasília-DF, 9p., 2009.

PINTO, C.A.B.P.; TEIXEIRA, A.L.; NEDER, D.G.; ARAÚJO, R.R. SOARES, A.R.O.; RIBEIRO, G.H.M.R.; LEPRE, A.L. Potencial de clones elite de batata como novas cultivares para Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.399-405, 2010.

PIPOLO, V. C.; FERRAZ, L. C. C. B. Resistência a Nematoides. In.: MONTALVÁN, R.; DESTRO, D. (Org.). Melhoramento genético de plantas. Londrina: Ed. UEL, 1999. cap. 29, p. 515-540.

PLOEG, A.T.; MARIS, P.C. Effects of temperature on the durations of the life cycle of a *Meloidogyne incognita* population. **Nematology**, v.1, p.389-393, 1999.

POWERS, T.O.; MULLIN, P.G.; HARRIS, T.S.; SUTTON, L.A.; HIGGINS, R.S. Incorporating molecular identification of *Meloidogyne* spp. into a large-scale regional nematode survey. **Journal of Nematology**, 37, 226-235, 2005.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Produção de batata**. Brasília: Linha Gráfica, 1987. 293p.

ROJAS, J.A.; KIRK, W.W.; GACHANGO, E.; DOUCHES, D.S.; HANSON, L.E. Tuber blight development in potato cultivars in response to different genotypes of *Phytophthora infestans*. **Journal of Phytopathology**, v.162, n.1, p.33-42, 2014.

RULLIAT, E.; TREUILLIER, E.; OLLIVIER, F.; BUISSON, A.; SARNIGUET, C.; PRIGENT, C.; FOLCHER, L. Population dynamic of *Meloidogyne fallax* in potato crops and multiplication in stored tubers. **Journal of Nematology**, v.42, n.2, p.229, 2014.

SAKAI, W.S. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. **Stain Technology**, Baltimore, v.48, n.5, p. 247-249, 1973.

SANTANA, S.M.; DIAS-ARIEIRA, C.R.; BIELA, F.; CUNHA, T.P.L.; CHIAMOLERA, F.M.; ROLDI, M.; ABE, V.H.F. Plantas antagonistas no manejo de *Meloidogyne incognita*, em solo arenoso de área de cultivo de olerícolas. **Nematropica**, v.42, n.2, p.287-294, 2012.

SANTOS, J.M. Os nematoides na cultura da batata. **Batata Show**, v.3, n.7, 2003. http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista07_008.htm. Acessado em 25 de março de 2015.

SANTOS, H. R. B. **Respostas agrônômicas, bioquímicas e fisiológicas de variedades de cana-de-açúcar submetidas a estresse hídrico associado à nematoide de galhas**. 2012.96p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

SCHUSTER, M.L.; SANDSTEDT, R.; ESTES, L.W. Starch formation induced by a plant parasitic nematode. **Science**, v.143, p.1342-1343, 1964.

SCURRAH, M. L.; NIERE, B.; BRIDGE, J. Nematodes Parasites of *Solanum* and Sweet Potatoes. In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (eds). **Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture**. 2 ed. Oxfordshire: CABI, p. 193-219, 2 ed, 2005.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P.K.; WANASUNDARA, P.D.; Phenolic antioxidants. **Critical Reviews of Food Science Nutrition**, v.32, n.1, p.67-103, 1992.

SHIROSE, I.; MORI, E.E.M. **Aplicação da análise sequencial a seleção de provadores pelo teste angular**. Col. ITAL, v.14, 1984, p.35-39.

SIDDIQUI, Z.A.; MAHAMOOD, I. Effects of *Heterodera cajani* on growth, chlorophyll content and activity of some enzymes in feijão guandu. **Nematropica**, v.24, p.103-111, 1994.

SIJMONS, P.C. Plant nematode interactions. **Plant Biology Molecular**, v.23, n.5, p.917-931, 1993.

SILVA, A.C.F. Batata: alguns aspectos importantes. **Agropecuária Catarinense**, v.4, p.38-41, 1991.

SILVA, A.R. **Fitonematoides na cultura da batata: Reação de genótipos a *Meloidogyne* spp., distribuição de espécies e caracterização dos sintomas**. 2009. 115f. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo. 2009.

SILVA, A.R.; SANTOS, J.M. **Nematoides na cultura da batata no Brasil**. Ed.1, São Paulo, Associação Brasileira da Batata – ABBA, 55p. 2007.

SILVA, A.R.; SANTOS, J.M.; HAYASHI, P.C.R.; HAYASHI, E. Reação de clones e cultivares de batata avaliados em casa de vegetação a *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. mayaguensis* e in vitro a *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, v.34, n.1, p.48-55, 2010.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; EDSMANN, E.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROCICK, P.R. **Farmacognosia, da planta ao medicamento**. 6ed. Porto Alegre: UFRGS, 2007. p. 1104.

SOARES, A.M.S.; MACHADO, O.L.T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Ciências Agrárias e Biológicas**, v.1, n.1, p.9-19, 2007.

SOMAVILLA, L. **Levantamento e caracterização do nematoide das galhas (*Meloidogyne spp*) em *Actinidia deliciosa* (Chevalier) Liang & Ferguson) no Rio Grande do Sul e reação de *Nicotiana tabacum* L. e espécies frutíferas a *Meloidogyne ethiopica* Whitehead 1968**. 2008. 71f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

STARR, J.L.; JEGER, M.J. Dynamics of winter survival of eggs and juveniles of *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria*. **Journal of Nematology**, v.17, p.252-256, 1985.

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* I. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal Science of Food Agriculture**, v.10, p.63-68, 1959.

TALBURT, W.F.; SCHWIMMER, S.; BURR, H.K. Structure and chemical composition of the potato tuber. In: TALBURT, W.F.; SMITH, O. **Potato Processing**, 3ed. Westport, AVI, 1975. P.11-42.

TAYLOR, A.L.; SASSER, J.N. **Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne species*)**. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina. pp. 111. 1978.

- TEKLU, M.G.; BEEN, T.H.; SCHOMAKER, C.H.; BENIERS, J.E. The effect of temperature and time on the population dynamics of *Meloidogyne chitwoodi* in potato tubers during storage. **Journal of Nematology**, v.42, n.2, p.245-246, 2014.
- TÖFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J.; FERRARI, J.T.; NOGUEIRA, E.M.C. Doenças fúngicas da cultura da batata: sintomas, etiologia e manejo. **Biológico**, v.74, n.1, p.63-73, 2012.
- TORDABLE, M.C.; LAX, P.; DOUCET, M.E. Analisis histopatológico en tubérculos de dos genótipos de papa andina (*Solanum tuberosum* subsp. *andigenum*) infectadas por especies del género *Meloidogyne*. **Nematropica**, v.38, n.1, p.95-103. 2008.
- TORDABLE, M.; LAX, P.; MAGUNACELAYA, J.C.; DOUCET, M. Histopathological analysis of roots of *Vitis vinifera* cultivar Cabernet Sauvignon infected with *Meloidogyne ethiopica*. **Nematropica**, v.42, n.2, p.276-280, 2012.
- VAN VUUREN, R.J.; WOODWARD, B. The response of cassava cultivars to root-knot nematode infestation: an in vitro method. **Euphytica**, v. 120, p. 109-113. 2001.
- VIDHYSEKARAN, P. **Physiology of disease resistance in plants**. v.1, Florida, CRC Press, 1988, 149p.
- VOVLAS, N.; INSERRA, R.N.; MARTELLI, G.P. Modificazioni anatomiche indotte da *Xiphinema index* e *Meloidogyne incognita* in radici di un ibrido di *Vitis vinifera* x *V. rotundifolia*. **Nematologia Mediterranea**, v.6, p.67-75, 1978.
- VOVLAS, N.; MIFSUD, D.; LANDA, B.B.; CASTILLO, P. Pathogenicity of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on potato. **Plant Pathology**, v.54, p. 657-664, 2005.
- WALLIN, J.R. Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in United States and Canada. **American Potato Journal**, v.39, p.306-312, 1962.

WANG, Q.; LIU, Y.; XIE, Y.; YOU, M. Cryotherapy of potato shoot tips for efficient elimination of potato leafroll virus (PLRV) and potato virus Y (PVY). **Potato Research**, v.49, p.119-129, 2006.

WANG-PRUSKI, G.; NOWAK, J. Potato after-cooking darkening. **American Journal of Potato Research**, v.81, n.1, p.7-16, 2004.

WEINGARTNER, D.F.; McSORLEY, R.; GOTH, R.W. Management strategies in potato for nematodes and soil-borne diseases in subtropical Florida. **Nematropica**, v.23, n.2, p.233-245, 1993.

WESEMAEL, W.M.L.; VIAENE, N.; MOENS, M. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Europe. **Nematology**, v.13, n.1, p.3-16, 2011.

WESEMAEL, W.M.L.; TANING, L.M.; VIAENE, N.; MOENS, M. Life cycle and damage of the root-knot nematode *Meloidogyne minor* on potato, *Solanum tuberosum*. **Nematology**, v.16, p.185-192, 2014.

WESTERICH, J.N.; RODELLA, R.A.; ROSA, J.M.O.; WILCKEN, S.R.S. Alterações anatômicas induzidas por *Meloidogyne enterolobii* (= *M. mayaguensis*) e *Meloidogyne javanica* em tomateiros resistentes a meloidogynose. **Summa Phytopathologica**, v.38, n.3, p.192-197, 2012.

WILLIAMS, K.J.O. *Meloidogyne javanica*. Commonwealth Agriculture Bureaux, C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes. v.1, n.3. 1972. 4p.

YOUSSEF, M.M.A. Potato nematodes and their control measures: a review. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v.46, n.11, 1371-1375, 2013.

ZAMBOLIM, L. **Produção integrada da batata** Volume I. Viçosa, Minas Gerais, Universo Agrícola 438p. 2011.

ZORZELLA, C.A.; VENDRUSCOLO, J.L.; TREPTOW, R.O. Qualidade sensorial de “chips” de diferentes genótipos de batatas (*Solanum tuberosum* L.), cultivos de primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n.1, p.57-63, 2003.

