

## Ciclo de desenvolvimento da noqueira-pecã – Escala fenológica

### *Development cycle of pecan - Phenological scale*

Rudinei De Marco<sup>1\*</sup> (ORCID 0000-0003-2648-0279), Carlos Roberto Martins<sup>2</sup> (ORCID 0000-0001-8833-1629), Flavio Gilberto Herter<sup>1</sup> (ORCID 0000-0001-9652-1756), Claudia Farela Ribeiro Crosa<sup>1</sup> (ORCID 0000-0002-5845-0157), Gilmar Antônio Nava<sup>3</sup> (ORCID 0000-0002-6133-9476)

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. \*Autor para correspondência: rudineidemarco@hotmail.com

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Pelotas, RS.

<sup>3</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, PR.

Submissão: 13/04/2021 | Aceite: 25/10/2021

#### RESUMO

O conhecimento da fenologia permite identificar o momento fisiológico ao qual se encontram associadas as necessidades do vegetal que, uma vez atendidas, possibilitarão definir períodos propícios para a realização dos tratos culturais e de manejo. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi descrever a escala BBCH para noqueira-pecã, de forma a padronizar os estudos realizados sobre o tema e auxiliar no reconhecimento dos principais estádios fenológicos da espécie no Rio Grande do Sul – Brasil e Uruguai. Para a descrição da escala fenológica utilizou-se diferentes cultivares para representar a média de cada estágio fenológico da cultura em dois locais e em dois ciclos. Com base na escala BBCH original, foi descrito a escala fenológica para noqueira-pecã totalizando 34 estádios que permitem identificar as principais fases do desenvolvimento, através de uma abordagem precisa e simplificada. Essa escala permite, através da codificação utilizada, padronizar e uniformizar os estudos sobre a cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pecan, *Carya illinoensis*, Escala BBCH, fenologia.

#### ABSTRACT

The knowledge of phenology allows the identification of the physiological moment to which the plant's needs are associated. Once met, it will make it possible to define the most suitable periods for carrying out cultural and management treatments. In this context, this work's objective was to describe the BBCH scale for pecan to standardize the studies carried out on the subject and assist in recognizing the main phenological stages of the species in the Rio Grande do Sul state – Brazil and Uruguay. First, we describe the phenological stage using different cultivars over two locations and two cycles. After, based on the original BBCH scale, the phenological scale for pecan was described, totaling 34 stages that allow us to identify the main stages of development through a precise and simplified approach. Furthermore, this scale allows standardizing future protocols on the specific culture through the coding used.

**KEYWORDS:** Pecan, *Carya illinoensis*, BBCH scale, phenology.

#### INTRODUÇÃO

A noqueira-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] é uma espécie frutífera de clima temperado que passa por um período de dormência vegetativa, sinalizado pela queda das folhas durante o inverno (SPARKS 2005, WELLS 2017), retomando seu ciclo de crescimento e desenvolvimento vegetativo na primavera, em meados de setembro no Hemisfério Sul. Durante o ciclo anual de crescimento, a cultura passa por diferentes fases, portanto, o conhecimento, bem como o critério de monitoramento em que acontecem cada fase são fundamentais para estudos sobre fenologia, que podem auxiliar no entendimento sobre a interação com o meio ambiente e conseqüentemente, no manejo das plantas no pomar.

Nesse contexto, o conhecimento da fenologia se torna indispensável, uma vez que estuda a ocorrência das fases ou atividades do ciclo vital das plantas e sua ocorrência temporal e espacial ao longo do ano. A fenologia determina os momentos em que os vegetais diferenciam seus tecidos para expressar modificações fisiológicas que se produzem sob interferência de fatores bióticos e abióticos (RÊGO et al. 2006, SOUZA et al. 2014), ou seja, são observações das mudanças exteriores visíveis ao longo do ciclo da

planta.

Os estudos fenológicos são baseados no monitoramento das plantas à campo, caracterizando os estádios de desenvolvimento das culturas e conseqüentemente a duração das fases fenológicas. O conhecimento prévio da fenologia constitui uma ferramenta eficaz de manejo, pois permite identificar, por meio da observação dos caracteres morfológicos da planta, o momento fisiológico ao qual se encontram associadas as necessidades térmicas de cada cultivar. Entendido sobre a interação com o meio ambiente, será possível definir períodos propícios para a realização dos tratamentos culturais, possibilitando melhorar o desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, aumento da produtividade (OLIVEIRA et al. 2018). Além disso, permite auxiliar no planejamento para a realização da poda, aplicação de fertilizantes, bioestimulantes, reguladores de crescimento, indutores de brotação, irrigação, manejo de pragas, doenças e plantas daninhas, entre outras atividades.

Os métodos de avaliação e as escalas fenológicas utilizadas para noqueira-pecã, como para várias outras culturas, variam na literatura (FRUSSO 2007, INIA 2016, HAN et al. 2018) e podem influenciar os padrões relatados, dificultando comparações em diferentes regiões do mundo. Assim, a utilização de uma escala fenológica padrão, estabelecida de acordo com os critérios definidos são fundamentais para a elucidação deste problema.

Uma descrição da escala fenológica baseada na escala BBCH estendida (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry) e adaptada de FINN et al. (2007) e HAN et al. (2018) é sugerida para descrever a morfologia dos principais estádios de noqueira-pecã no Hemisfério Sul. Essa escala BBCH foi usada para categorizar as fases de crescimento de uma diversidade de plantas frutíferas, incluindo olho de dragão (*Dimocarpus longan*) (PHAM et al. 2015), fruteira-do-conde (*Annona squamosa*) (LIU et al. 2015), mangueira (*Mangifera indica*) (HERNÁNDEZ DELGADO et al. 2011). Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi descrever a escala BBCH para noqueira-pecã, de forma a padronizar os estudos realizados sobre o tema e auxiliar no reconhecimento dos principais estádios fenológicos da cultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os estádios fenológicos descritos nesse trabalho foram ajustados a partir de dois anos de observações. Durante o ciclo 2017/2018, a avaliação foi realizada na coleção de noqueira-pecã da estação experimental "Wilson Ferreira Aldunate", INIA – Las Brujas (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), no Departamento de Canelones, Uruguai (34°40'15"S e 56°20'27"O). No ciclo 2018/2019, foi realizada em um pomar no Município de Canguçu, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (31°28'08"S e 52°41'55"O).

Em ambos os pomares, as plantas de noqueira-pecã são enxertadas (porta enxerto desconhecido) e foram implantadas com espaçamento de 10 x 10 m. No Uruguai foram acompanhadas nove cultivares (Cape Fear, Pawnee, Desirable, Oconee, Kiowa, Success, Shoshoni, Gloria Grande e Stuart) implantadas no ano de 2010 e no Brasil quatro cultivares (Barton, Melhorada, Jackson e Success), implantadas no ano de 2009. A avaliação fenológica foi realizada em seis plantas de cada cultivar, sendo amostrado um ramo em cada quadrante (Norte, Sul, Leste e Oeste) totalizando quatro ramos por planta. Esse trabalho utilizou as diferentes cultivares para representar a média representativa de cada estádio fenológico da cultura, não sendo utilizados resultados individuais de cada cultivar.

A escala BBCH original descreve os estádios completos de desenvolvimento de plantas com 10 fases, utilizando código principal de 0 a 9. Em cada estádio principal são descritas mais 10 subfases (estádios secundários), também utilizando, como códigos secundários, algarismos de 0 a 9 (HACK et al. 1992). Foram utilizados para a noqueira-pecã oito estádios principais de desenvolvimento. Os estádios 2 (formação de brotos laterais) e o 4 (desenvolvimento de órgãos vegetativos ou propagados de plantas), utilizados na escala BBCH original, não foram considerados na presente proposta de escala, pois não foram considerados relevantes para a noqueira-pecã (Tabela 1).

Cada estádio principal e secundário foi codificado e descrito por meio de observações visuais das mudanças externas da planta, sendo que o estádio fenológico considerado em cada data de avaliação é obtido pela média amostral da cultivar.

Os estádios secundários (0 a 9) utilizados na presente escala variaram dentro de cada estádio de crescimento principal, sendo melhor abordadas e descritas conforme a importância de cada estádio, considerando as principais atividades de manejo da cultura que são realizadas.

Como a cultura da noqueira-pecã apresenta dois períodos de desenvolvimento vegetativo ("surto de brotação") em cada ciclo, nos estádios principais 1 (desenvolvimento das folhas) e no estádio 3 (desenvolvimento dos brotos), foi adicionado um zero (0) entre o algarismo que representa o código

principal e o algarismo que representa o código secundário, de forma a representar o segundo período (Tabela 1).

Tabela 1. Código e descrição do estágio principal proposto para a escala fenológica BBCH para noqueira-pecã.

Table 1. Code and description of the proposed main stage for the BBCH phenological scale for pecan.

Código do estágio		Descrição do estágio principal
Principal	Secundário	
0	00 – 09	Desenvolvimento das gemas
1	10 – 19; (*100 – 109)	Desenvolvimento das folhas
3	30 – 39; (*300 – 309)	Desenvolvimento dos brotos
5	50 – 59	Surgimento das inflorescências
6	60 – 69	Floração
7	70 – 79	Desenvolvimento dos frutos
8	80 – 89	Maturação dos frutos
9	90 – 99	Início da dormência

\*Acrescenta-se um zero (0) entre o algarismo do código principal e o algarismo do código secundário para representar o segundo período (“surto”) de desenvolvimento do ciclo.

Como cada estágio tem um período médio de desenvolvimento, foram sugeridos diferentes intervalos de observações entre os estádios fenológicos, de acordo com a velocidade em que acontece cada estágio de desenvolvimento da cultura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas cultivares estudadas se observou diferenças no momento e no período de duração dos estádios fenológicos. Porém, essas informações, de cada uma das cultivares, não são abordadas nesse manuscrito, sendo utilizadas somente para representar a média de cada estágio fenológico para a cultura no Hemisfério Sul.

Foram descritos 34 estádios fenológicos para a noqueira-pecã, considerando os estádios principais e os estádios secundários (Tabela 2; 3; 5 e 6). Serão abordadas as seguintes etapas: desenvolvimento vegetativo; reprodutivo; dos frutos e; dormência.

### Desenvolvimento vegetativo

Em frutíferas de clima temperado, o desenvolvimento vegetativo compreende três etapas principais, as quais referem-se ao desenvolvimento das gemas, das folhas e dos brotos. É considerado uma das fases mais importantes do cultivo, pois é nesse período que as plantas produzem fotoassimilados para serem utilizadas na fase inicial do crescimento e, posteriormente, na frutificação e no desenvolvimento dos frutos (WEBSTER 2005).

- Desenvolvimento das gemas (BBCH 00-09)

Ao final do ciclo anual de desenvolvimento da noqueira-pecã, que ocorre entre os meses de maio e início de junho no Hemisfério Sul, a planta entra em dormência com senescência das folhas. Durante o período invernal (junho a agosto), ocorre redução da taxa de desenvolvimento da gema como forma de sobrevivência às condições ambientais desfavoráveis ao crescimento, devido às baixas temperaturas (MARAFON et al. 2011). Durante esse período, do início ao final da dormência, importantes processos metabólicos ocorrem, como a translocação de água e carboidratos. A água transloca-se das gemas, mobilizando os carboidratos durante a fase de repouso hibernar para os tecidos adjacentes (ramos, tronco e principalmente raízes), fazendo com que as gemas se desidratem (BBCH 00). Ao final do mês de agosto e início de setembro, quando da sinalização da superação da dormência, ocorre a reidratação das gemas, sendo um indicativo fisiológico para a retomada do crescimento, característica essa, comumente encontrada nas espécies frutíferas de clima temperado (YAMAMOTO et al. 2010, MARAFON et al. 2011). Nesse período ocorre a fase de inchamento das gemas (BBCH 01) e, posteriormente, iniciando a brotação (BBCH

07). Nesta fase é possível observar as escamas exteriores, que recobrem as gemas, deslocarem em movimento de abertura das gemas (Tabela 2).

Tabela 2. Estádios de desenvolvimento vegetativo com o respectivo código numérico e a descrição do estágio fenológico proposto para a cultura da noqueira-pecã, com base na escala BBCH.

Table 2. Stages of vegetative development with the respective numerical code and the description of the proposed phenological stage for the pecan culture, based on the BBCH scale.

Código	Estádio	Descrição
Estádio de crescimento principal 0: Desenvolvimento das gemas		
00	Gema dormente	Gemas estão fechadas e cobertas por escamas de coloração castanha
01	Gema inchada	As gemas começam a se hidratar (aumentar de tamanho)
07	Início da brotação	As gemas começam a abrir e brotar e as pontas das folhas verdes começam a tornar-se visíveis
09	Gema aberta	Escamas de coloração castanha não são mais visíveis e ocorre a separação das escamas internas (verdes)
Estádio de crescimento principal 1: Desenvolvimento das folhas		
11 (*101)	Primeiras folhas visíveis	Primeiras folhas começam a surgir e abrem-se
15 (105)	Primeiras folhas totalmente expandidas/abertas	Todos os folíolos da folha estão abertos e visíveis
17 (107)	Todas as folhas expandidas/abertas	
19 (109)	Folhas maduras	As folhas mudam de verde claro para verde escuro
Estádio de crescimento principal 3: Desenvolvimento dos brotos**		
31 (301)	Brotos em crescimento inicial	Eixos dos brotos tornam-se visíveis
32 (302)	Brotos com 20 cm de crescimento	Brotos atingem aproximadamente 20 cm de crescimento
33 (303)	Brotos com 30 cm de crescimento	Brotos atingem aproximadamente 30 cm de crescimento
35 (305)	Brotos com 50 cm de crescimento	Brotos atingem aproximadamente 50 cm de crescimento
37 (307)	Brotos com mais de 70 cm de crescimento	Brotos atingem 70 cm ou mais de crescimento
38 (308)	Brotos lignificados	Ocorre a mudança de coloração do eixo do broto, passando de verde para marrom. Os brotos passam de herbáceos para semilenhosos a lenhosos e reduzem a pilosidade do eixo
39 (309)	Tamanho final dos brotos	O crescimento dos brotos cessam

\*Acrescenta-se um zero (0) entre o algarismo do código principal e o algarismo do código secundário para representar o segundo período de desenvolvimento do ciclo. \*\*O desenvolvimento dos ramos nem sempre atinge as maiores dimensões de todos os estádios propostos, pois variam com a idade, intensidade de poda e nutrição.

O último estágio do desenvolvimento das gemas, proposto nessa escala, ocorre quando é possível observar a separação das escamas internas de coloração verde (BBCH 09 – gema aberta) (Tabela 2).

Em cada entrenó, normalmente são encontrados duas, três, até quatro gemas, sendo que a gema mais próxima da extremidade terminal do ramo é a mais proeminente e a que geralmente irá brotar. As demais gemas, de acordo com HERRERA (1999), são gemas de reserva e dificilmente brotam, a não ser que a gema primária seja danificada (insetos, danos físicos e/ou mecânicos) ou devido à realização de podas.

Como descrito, a noqueira-pecã passa por um período de suspensão temporária do crescimento visível e com drástica redução de suas atividades metabólicas durante o inverno, denominada de dormência, sendo que para superá-la e iniciar um novo ciclo de crescimento, necessita de acúmulo de horas de frio (temperaturas iguais ou inferiores a 7,2 °C) que é variável e ainda não bem elucidada entre as

cultivares. Contudo, anos agrícolas com um total de horas inferior ao mínimo exigido pode haver distúrbios fisiológicos, baixa porcentagem e irregularidade da brotação e conseqüentemente redução da produção (WELLS 2017). Dessa forma, como prática a este acontecimento, em regiões onde o acúmulo de frio é insuficiente é necessário o uso de alternativas que visam a indução da brotação (quebra de dormência artificial). Alguns produtos como a cianamida hidrogenada, óleo mineral, nitratos de cálcio e potássio, extrato de alho, entre outros, tem sido utilizado para esse fim em outras frutíferas de clima temperado. No Brasil, a superação da dormência na cultura da noqueira-pecã não é uma prática comum, pois carece de estudos com diferentes produtos, dosagens, época e forma de aplicação. Portanto, deve ser melhor estudada e considerada importante, especialmente em anos com invernos atípicos (baixo acúmulo de horas de frio) ou em regiões brasileiras com invernos mais amenos.

Além da utilização de alternativas que visam a indução da brotação, outras atividades de manejo devem ser realizadas no pomar durante a dormência vegetativa (antes do estágio BBCH 01 – gema inchada), como a realização de podas e tratamentos fitossanitários como uso de calda sulfocálcica.

- Desenvolvimento das folhas (BBCH 11-19) e dos brotos (BBCH 31-39)

Os próximos estádios da escala do desenvolvimento vegetativo correspondem ao desenvolvimento das folhas e dos brotos (Tabela 2). Nesses estádios são observados dois surtos de brotação, sendo que o primeiro ocorre no final de setembro e início de outubro, enquanto o segundo inicia em novembro/dezembro e vai até meados de março. Nesse caso, propôs-se o acréscimo de um zero (0) entre o algarismo do código principal e o algarismo do código secundário para representar o segundo período de desenvolvimento do ciclo (segundo surto de crescimento).

Normalmente é observado diferentes estádios de desenvolvimento no mesmo momento de observação. Dessa forma, os códigos de cada estágio podem ser anotados para a mesma data separando ambos por uma barra, por exemplo: no dia 20 de outubro foi observado o estágio BBCH 11 – Primeiras folhas visíveis, nessa mesma data foi possível verificar também o crescimento inicial dos brotos – BBCH 31, tendo sido registrado então 11/31.

A noqueira-pecã possui folhas compostas imparipinadas, com folíolos de margens serreadas. O número de folíolos em cada folha é variável entre as cultivares, podendo ter de 9 a 17 (KOESER et al. 2015), sendo que os mesmos só podem ser observados quando a folha estiver totalmente expandida. Nesse contexto, foram propostos quatro estádios de desenvolvimento das folhas: Primeiras folhas visíveis (BBCH 11), mas ainda não é possível observar todos os folíolos; primeiras folhas expandidas/abertas (BBCH 15), onde são observados todos os folíolos; todas as folhas estão expandidas/abertas (BBCH 17) e folhas maduras (BBCH 19), quando as folhas mudam de coloração verde claro para verde escuro.

O conhecimento sobre o desenvolvimento das folhas é importante e pode auxiliar no manejo do pomar, pois é através delas que a planta realiza fotossíntese, que é a conversão de dióxido de carbono da atmosfera em carbono orgânico, necessária para o seu desenvolvimento (TAIZ et al. 2017). No entanto, segundo MORENO (2018b), quando uma folha está na fase de crescimento a energia é drenada a partir de outros órgãos como folhas desenvolvidas e/ou de órgãos de reserva.

O desenvolvimento dos brotos inicia quando é possível observar o eixo dos brotos (BBCH 31 – Tabela 2) até o final de seu crescimento (BBCH 39). Em cada ciclo da cultura, o crescimento de brotos é variável de acordo com a idade das plantas, entre as cultivares, mas principalmente em função do manejo nutricional e de irrigação do pomar. Para manter uma produção estável ao longo dos anos são desejáveis brotos com 25 a 30 cm de comprimento (ARREOLA-ÁVILA et al. 2010) sendo necessários de 8 a 10 folhas saudáveis para a produção de uma única noz (MORENO 2019).

### **Desenvolvimento reprodutivo**

O desenvolvimento reprodutivo é marcado pela capacidade da planta em produzir flores, e é resultante de mudanças que ocorrem no meristema das gemas que é induzido por uma combinação de estímulos internos e externos (TAIZ et al. 2017), compreendendo o surgimento das inflorescências (BBCH 51-59) e a floração (BBCH 60-69) (Tabela 3).

A noqueira-pecã é uma espécie frutífera monoica com inflorescências masculinas (estaminadas) e femininas (pistiladas) em locais diferentes, mas na mesma planta. À medida que inicia o crescimento na primavera (setembro/outubro), as inflorescências masculinas (amentos) também são iniciadas a partir de gemas mistas (que originam brotos e flores) em ramos de ano, ou seja, de um ano de idade. Normalmente, em cada gema são produzidos dois grupos de três amentos em lados opostos da gema, interligados por um pedúnculo. Enquanto as inflorescências femininas (racimos) podem surgir no ápice da brotação de ramos do ano, ou seja, em ramos que brotaram no ciclo atual. O número de flores pistiladas em cada racimo é

variável entre as cultivares, mas também sofre influência do vigor do broto. Em média podem ser encontradas entre 3 e 7 flores em cada racimo (HERRERA 1999).

Tabela 3. Estádios de desenvolvimento reprodutivo com o código numérico e a descrição das fases fenológicas propostas para a cultura da noqueira-pecã, baseadas na escala BBCH.

*Table 3. Stages of reproductive development with the numerical code and the description of the phenological phases proposed for the pecan culture, based on the BBCH scale.*

Código	Estádio	Descrição
Estádio de desenvolvimento principal 5: Surgimento das inflorescências		
51(E); 51(P)	Surgimento das inflorescências estaminadas (E) e Pistiladas (P)	Órgãos florais visíveis, inicia o surgimento dos amentos (E) e racimos (P) das gemas, os quais ainda permanecem fechados
55(E); 55(P)	Inflorescências com cerca de 50% do comprimento final padrão da cultivar	Brácteas das inflorescências masculinas visíveis e separadas da antera, sendo possível visualizar os pedúnculos dos amentos (E). Estigma das flores femininas visíveis (P)
59(E); 59(P)	Fim do crescimento das inflorescências estaminadas (E) e Pistiladas (P)	Estames e pistilos visivelmente separados da raquis, os quais atingem o tamanho final da cultivar antes da polinização
Estádio de desenvolvimento principal 6: Floração		
60(E); 60(P)	Início da floração	1% das flores estaminadas (E) liberando pólen e 1% das flores pistiladas (P) com estigma receptivo
65(E); 65(P)	Plena floração	50% das flores estaminadas (E) liberando pólen e 50% das flores pistiladas (P) com estigma receptivo
69(E); 69(P)	Final da floração	99% das flores estaminadas (E) já liberaram pólen, os amentos secam e caem. 99% das flores pistiladas (P) já foram polinizadas, estigmas sem brilho e necrosados

Diversos resultados de pesquisa indicam que a diferenciação da flor feminina (pistilada) da noqueira-pecã ocorre na época do início do crescimento (WETZSTEIN & SPARKS 1989) (agosto/setembro no Hemisfério Sul). Período esse que corresponde ao final da gema inchada e após a divisão das escamas externas da gema, mas antes da divisão das escamas internas (WETZSTEIN & SPARKS 1983). Isso está em contraste com a maioria das outras espécies de árvores caducifólias, em que a diferenciação ocorre durante a estação de crescimento anterior (KRAMER & KOZLOWSKI 1979).

De acordo com HERRERA (1999), as flores pistiladas se diferenciarão a partir do tecido vegetativo (predominante de gemas apicais) e se formarão se houver acúmulo de carboidratos suficientes. Essa fase ocorre nos estádios iniciais de crescimento, mas o surgimento das flores só vai ocorrer entre quatro a seis semanas depois. Neste contexto, essa informação é extremamente importante, pois o acúmulo de reservas no ciclo anterior irá influenciar diretamente no ciclo seguinte para obter uma satisfatória floração.

No Hemisfério Norte, WOODROOF & WOODROOF (1926) descreveram que a diferenciação das flores pistiladas só ocorre nos últimos dez dias do mês de fevereiro até a primeira semana de março (aproximadamente final de agosto e início de setembro no Hemisfério Sul). Estes mesmos autores destacam que, se houver algum dano nas gemas apicais ou a retirada através de podas antes do momento da diferenciação, as gemas laterais são forçadas a diferenciar e formarão flores pistiladas, mas caso isso ocorra posteriormente a essa data, não haverá flores pistiladas nesse ciclo. Nesse contexto, a data da realização da poda de inverno deve ser considerada, pois quando realizada muito tarde pode influenciar na formação de flores pistiladas. No entanto, estudos que abordam diferentes datas da realização da poda e a formação de flores pistiladas de gemas laterais devem ser realizados.

Observa-se na Tabela 3 a proposta de três estádios para caracterizar o surgimento das inflorescências masculinas ou estaminadas (E) e femininas ou pistiladas (P), iniciando o surgimento dos órgãos florais (amentos e racimos) das gemas, mas as estruturas florais ainda permanecem fechadas - BBCH 51(E); 51(P). O segundo estágio ocorre quando as inflorescências estão com aproximadamente 50% do crescimento final, e é possível visualizar os pedúnculos dos amentos e quando o estigma das flores femininas são visíveis - BBCH 55(E); 55(P). O terceiro estágio corresponde ao final do crescimento das

inflorescências, porém antes da polinização, sendo possível observar os estames e pistilos visivelmente separados da raquis (eixo da inflorescência) - BBCH 59(E); 59(P).

O estágio de desenvolvimento principal 6, correspondente à floração, tendo sido proposto mais três sub-estádios (Tabela 3), sendo: início da floração, quando aproximadamente 1% das inflorescências estaminadas e pistiladas estão liberando pólen (BBCH 60 E) ou com estigma receptivo (BBCH 60 P); plena floração, quando 50% das inflorescências estaminadas estão liberando pólen (BBCH 65 E) e as pistiladas com estigmas receptivos (BBCH 65 P) e; final da floração, que foi considerado quando os amentos apresentam coloração marrom escura, secam e caem (BBCH 69 E) e os estigmas ficam desidratados, com aspecto necrosado de coloração escura (BBCH 69 P).

A liberação do pólen ocorre quando as anteras são abertas e o mesmo é transportado pelo vento, ou seja, a polinização é anemofila para a noqueira-pecã (WELLS 2017). Os autores ressaltam que o pólen só é transportado quando a umidade relativa do ar for menor que 85%. De acordo com HAN et al. (2018), períodos quentes e secos e com ventos fortes durante esse período podem antecipar e encurtar a liberação do pólen, enquanto períodos frios e úmidos podem retardar e alongar a liberação do pólen.









A receptividade do estigma é relativamente difícil de observar com precisão, devido à grande variação das formas e tamanhos das flores pistiladas e superfícies estigmáticas entre as cultivares no momento da receptividade. À medida que as flores pistiladas amadurecem, a superfície estigmática se torna mais proeminente e avermelhada em algumas cultivares, enquanto em outras a cor permanece verde, rosa, entre outras cores, ou seja, a cor não significa que a flor está receptiva o que dificulta a determinação. Como forma de determinação, a receptividade do estigma pode ser avaliada pela presença de um líquido viscoso e brilhante na superfície estigmática (ZHANG 2015, AJAMGARD et al. 2017), bem como, pela aderência do pólen que pode ser aplicado artificialmente à superfície estigmática. A utilização de uma lupa de bolso auxilia na observação.



Em condições de vento seco, superfícies estigmáticas podem ser rapidamente dessecadas, com períodos efetivos de receptividade consideravelmente reduzidos. Nessas condições, se o estigma receber pólen, as células estigmáticas colapsam e secam após a hidratação e germinação do pólen (WETZSTEIN & SPARKS 1989), fazendo com que o estigma seja necrosado com coloração escura.

Além da noqueira-pecã ser uma planta monoica, apresenta também dicogamia, apresentando períodos de liberação do pólen distintos da receptividade do estigma. Ou seja, uma mesma cultivar obtém amadurecimento das flores masculinas e femininas em períodos distintos. A dicogamia pode variar entre as cultivares e até mesmo entre locais e anos de cultivo, podendo apresentar dicogamia completa, quando não há sobreposição da liberação do pólen com a receptividade do estigma, ou incompleta, quando há alguma sobreposição (Tabela 4). De acordo com SPARKS (1992), geralmente a dicogamia é completa em climas mais frios e muitas vezes incompleta em climas quentes.

Tabela 4. Formas predominante de dicogamia em noqueira-pecã.

Table 4. Predominant forms of dichogamy in pecan.

Dicogamia	Cultivares de Noqueira-pecã			
	Grupo I - Protândricas		Grupo II - Protogínicas	
Completa				
Incompleta				

 = Liberação do pólen (inflorescência estaminada)       = Estigma receptivo (inflorescência pistilada)

Segundo sua dicogamia, as cultivares de noqueira-pecã são classificadas predominantemente em dois grupos, conforme apresentado na Tabela 4 (WETZSTEIN & SPARKS 1986, HERRERA 1999). No Grupo I (ou Tipo I), as cultivares possuem tendência de serem protândricas (órgão masculino amadurece e libera o pólen antes do estigma da flor feminina estar receptivo). Enquanto o Grupo II (ou Tipo II), as cultivares têm tendência de serem protogínicas (o estigma da flor feminina está apto para receber o pólen antes que a flor masculina esteja apta a liberar o pólen). No entanto, STUCKEY (1916) sugeriu um terceiro

grupo, chamado de cultivares flutuantes, ou seja, cultivares que podem variar entre os anos de avaliação, podendo ser em determinado ano protândrica e em outro protogínica.

### Desenvolvimento dos frutos

Após a polinização e fertilização do óvulo inicia-se a formação da semente (embrião/amêndoa), que ocorre de duas a quatro semanas posteriores (MORENO 2018a). No entanto, o desenvolvimento dos frutos (nozes), que abrange os códigos 70 até o 79 (Tabela 5), passa por duas fases: primeiramente ocorre o crescimento em tamanho (crescimento padrão da cultivar) e, posteriormente, ocorre o preenchimento das nozes (crescimento da amêndoa) (HERRERA 2005).

O crescimento padrão da cultivar também pode ser dividido em dois períodos: Primeiramente, logo após a polinização, o crescimento da noz é lento – BBCH 70 a 72 (segunda metade de novembro à dezembro) e posteriormente apresenta um período de crescimento mais rápido (final de dezembro a fevereiro/março) até atingir as dimensões padrões da cultivar – BBCH – 73 a 78.

O crescimento das amêndoas (preenchimento das nozes) que normalmente ocorre de final de janeiro a março, também passa por diferentes fases. O mesmo inicia com o endurecimento da casca (da ponta posterior à região ligada a planta) e início do estágio aquoso do endosperma (BBCH 77), até o endurecimento total da casca, final do estágio aquoso e início do estágio de gel/pastoso (BBCH 78). Nessa fase, embora ocorra aumento das dimensões dos frutos posteriormente, não ocorre aumento expressivo no tamanho das nozes, pois o endurecimento da casca impede esse crescimento (HERRERA 2005). Esse crescimento é devido ao aumento da espessura da cápsula (epicarpo). No último estágio do desenvolvimento dos frutos as amêndoas passam do estágio de gel/pastoso até o desenvolvimento completo das amêndoas (BBCH 79).

Tabela 5. Estádios de desenvolvimento dos frutos com o código numérico e a descrição das fases fenológicas propostas para a cultura da noqueira-pecã, baseadas na escala BBCH.

Table 5. Fruit development stages with the numerical code and the description of the phenological phases proposed for the pecan culture, based on the BBCH scale.

Código	Estádio	Descrição
Estádio de desenvolvimento principal 7: Desenvolvimento dos frutos		
70	Aparecimento de frutos	Primeiros frutos visíveis, estigmas necrosadas começam desaparecer
72	Crescimento lento dos frutos	Frutos começam a crescer
73	Crescimento rápido dos frutos	Início do crescimento rápido das nozes, mas não ocorre o desenvolvimento da parte comestível (amêndoa)
75	50% do tamanho final dos frutos	Os frutos atingem 50% do tamanho final (padrão da cultivar)
77	Final do crescimento rápido	Final do crescimento rápido das nozes. Nessa fase ocorre o início do estágio aquoso do endosperma, que mais tarde se torna na amêndoa e também ocorre o início do endurecimento da casca (na ponta da noz)
78	Início do preenchimento das amêndoas	Os frutos atingem as dimensões padrões da cultivar, com toda a casca endurecida. Final do estágio aquoso e início do estágio de gel pastoso
79	Desenvolvimento dos frutos completos	Final do estágio pastoso, com desenvolvimento completo da amêndoa
Estádio de desenvolvimento principal 8: Maturação dos frutos		
81	Início do amadurecimento, 10% dos frutos com cápsulas (epicarpo) abertas	Ocorre um aumento no volume dos frutos (cápsulas), a cor verde das cápsulas começa a ficar mais clara (verde oliva) e começam a abrir em quatro partes
85	50% de frutos totalmente maduros (cápsulas abertas)	Cápsulas abrem naturalmente e/ou as nozes são facilmente desprendidas
89	Frutos totalmente maduros	Cápsulas começam a secar, as nozes ficam levemente pendentes para fora da cápsula e as primeiras nozes começam a cair



O período exato (data) em que ocorrem cada fase é variável entre as cultivares e entre regiões de cultivo e devem ser monitoradas, uma vez que a definição de cada fase (data ou período) são ferramentas importantes para a tomada de decisão nas atividades que devem ser realizadas no pomar. Segundo HERRERA (1999), nessa fase de desenvolvimento ocorre um dreno severo e, às vezes, exaustivo de reservas das folhas e brotos para as nozes. Essa informação é importante sobre o aspecto de manejo dos pomares, uma vez que problemas como a disponibilidade de umidade do solo, plantas com deficiência nutricional, com problemas fitossanitários podem afetar as dimensões finais da noz na primeira fase do desenvolvimento dos frutos.

Na segunda fase pode afetar o desenvolvimento das amêndoas, produzindo nozes chochas ou com amêndoas mal preenchidas. Além disso, segundo AMLING & AMLING (1983), é justamente nessa fase (mês de agosto no Hemisfério Norte) que ocorre a indução floral das flores femininas (aproximadamente no mês de fevereiro no Hemisfério Sul) e o acúmulo de reservas para o próximo ciclo, ou seja, o manejo inadequado nessa fase de desenvolvimento compromete a produção de nozes com qualidade do ciclo atual, bem como a produção do próximo ciclo.

O fruto da noqueira-pecã é a noz-pecã, classificada como uma drupa seca (fruto seco oleaginoso). A noz-pecã está inserida numa cápsula (epicarpo) carnosa de coloração verde que se abre em quatro partes quando maduro. A amêndoa (parte comestível) está envolvida por uma casca lisa, dura e lignificada, de coloração castanho-acinzentada com manchas longitudinais escuras. O formato, tamanho e coloração da noz-pecã é variável entre as cultivares. A amêndoa, que é a parte comestível, apresenta-se na forma de dois septos até dois terços do seu comprimento, sendo a parte final unida e onde o embrião permanece (SPARKS 1992).

A maturação dos frutos (código 81 a 89, Tabela 5) acontece aproximadamente de seis a sete meses posterior ao florescimento. Para esse estágio de desenvolvimento, considerou-se frutos maduros (maturação fisiológica) quando a cápsula, de coloração verde que envolve a noz, começa a abrir em quatro partes. Para tal, três estádios foram propostos: BBCH 81 – início do amadurecimento, quando 10% dos frutos apresentam cápsulas abertas; BBCH 85 – quando 50% dos frutos apresentam cápsulas abertas; e BBCH 89 – quando as cápsulas começam a secar e as nozes ficam levemente pendentes para fora da cápsula e as primeiras nozes começam a cair. Foram observados variações do período de amadurecimento entre as cultivares mas, de modo geral, podem iniciar a fase no mês de março até o mês de junho, dependendo também da região de cultivo.

É importante destacar que a cultura da noqueira-pecã possui naturalmente característica de alternância de produção, ou seja, geralmente um ciclo de elevada produção seguido por outro de baixa ou nula. Embora a alternância de produção seja comum na maioria das espécies frutíferas, na noqueira-pecã é ainda mais significativo, principalmente por dois motivos: Primeiro, por possuir o amadurecimento dos frutos no final do ciclo, pouco antes da senescência das folhas, o que faz com que a planta não tenha muito tempo para o armazenamento de reservas (carboidratos) necessário para a produção de flores e frutos para o próximo ciclo. Por isso, é importante manter as folhas ativas, bem nutridas e livres de doenças até aproximadamente final de maio, mesmo após a colheita dos frutos. O segundo, de acordo com MORENO (2018a), a amêndoa possui 70% de óleo e para cada grama de óleo é necessário nove calorias, pouco mais que o dobro de energia necessária para produzir uma grama de açúcar (cada grama de açúcar tem quatro calorias), ou seja, em uma colheita grande ocorre um grande desgaste na planta, influenciando diretamente no próximo ciclo quando as plantas não são manejadas adequadamente.

### **Início da dormência**

A noqueira-pecã é uma espécie característica de clima temperado, passando por um período de dormência vegetativa durante o inverno. Esse mecanismo adaptativo permite que as plantas sobrevivam a baixas temperaturas hibernais e, posteriormente iniciem um novo ciclo de crescimento (HAWERROTH et al. 2010). Para tanto, após à maturação dos frutos, ocorre o início da dormência (Tabela 6) com o amarelecimento das folhas e, em seguida, a senescência (queda). Nesse estágio, foram propostas três fases: BBCH 93 – início da descoloração das folhas e posterior queda; BBCH 95 – com 50% de queda das folhas e; BBCH 99 – com 100% de queda das folhas. Normalmente, se recomenda a manutenção de folhas fotossinteticamente ativas (bem nutridas, livres de pragas e doenças) até final do mês de maio, para que a planta acumule reservas.

De acordo com o intervalo de tempo, ou seja, a velocidade em que acontece cada estágio de desenvolvimento, foram também sugeridas observações que variam de intervalos de dois dias no período de floração a uma vez por mês no período de dormência (Tabela 7).

Tabela 6. Estádios de início da dormência com o código numérico e a descrição das fases fenológicas propostas para a cultura da noqueira-pecã, baseadas na escala BBCH.

Table 6. Dormancy onset stages with the numerical code and description of the phenological phases proposed for pecan culture, based on the BBCH scale.

Código	Estádio	Descrição
Estádio de desenvolvimento principal 9: Início da dormência		
93	Início de descoloração e de queda das folhas	Estes estádios começam com o amarelecimento das folhas e posteriormente
95	50% das folhas caídas	a sua queda
99	Fim da queda de folhas	Todas as folhas caídas

Tabela 7. Períodos de observações fenológicas sugeridos de acordo com o estágio fenológico.

Table 7. Periods of phenological observations suggested according to the phenological stage.

Estádio	Descrição	Cronograma	Mês do ano**
00 – 09	Período que compreende as gemas dormentes, gemas inchadas até gemas abertas	Do estágio 99 ao 00 observar a cada 30 dias.	Maio a agosto/setembro
		A partir de gemas inchadas observar a cada 3-5 dias	Agosto a outubro
11 – 19 *101 – 109	Desenvolvimento de folhas, com as primeiras folhas separadas até todas as folhas abertas e maduras	Observar a cada 3-5 dias	Setembro a dezembro
31 – 39 *301 – 309	Desenvolvimento de brotos, com os eixos dos brotos visíveis até seu desenvolvimento em comprimento final		Dezembro a abril*
51E – 59E; 51P – 59P	Surgimento das inflorescências (estaminadas - E e pistiladas - P) até seu tamanho final conforme a cultivar	Observar a cada 2 dias	Setembro a outubro/novembro
60E – 69E; 60P – 69P	Floração que compreende desde a primeira antera aberta (E) e o primeiro estigma receptivo (P) até que os amentos (E) sequem e os estigmas (P) ficam escuros/necrosados		Setembro a novembro
70 – 79	Desenvolvimento dos frutos – período posterior a floração até o crescimento padrão da cultivar	Observar a cada 7 dias	Novembro a março
81 – 89	Maturação dos frutos – período com o desenvolvimento do embrião completo, descoloração e abertura da cápsula até o início de queda de frutos	Observar a cada 3-5 dias	Março a junho
93 – 99	Início da dormência, com início da descoloração foliar até o final de senescência	Observar a cada 15 dias	Maio a junho

Onde: \*Representar o segundo período de desenvolvimento do ciclo - acrescenta-se um zero (0) entre o algarismo do código principal e o algarismo do código secundário; \*\*Baseados em dados médios, pode variar entre regiões, cultivares e entre os anos de observação; E = Estames; P = Pistilos.

## CONCLUSÃO

A descrição da escala fenológica BBCH fornece uma abordagem precisa e simplificada dos principais estádios de desenvolvimento da noqueira-pecã.

Os 34 estádios descritos permitem identificar as principais fases do desenvolvimento da noqueira-pecã e permitem, através da codificação utilizada, padronizar e uniformizar os estudos sobre a cultura.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisa Agropecuária (INIA) - Las Brujas, pela disponibilidade da área de estudo e contribuição para a realização das atividades. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado do primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- AJAMGARD et al. 2017. Determining the Pollinizer for Pecan Cultivars. *Journal of Nuts* 8: 41-48.
- AMLING HJ & AMLING KA. 1983. Physiological differentiation of pistillate flower of pecan and cold requirements for their initiation. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108: 195-198.
- ARREOLA-ÁVILA JG et al. 2010. Inducción de crecimiento lateral en nogal pecanero (*Carya illinoensis* K. Koch): Mediante despunte de brotes en primavera. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 16: 31-36.
- FINN GA et al. 2007. A general growth stage key for describing trees and woody plants. *Annals of Applied Biology* 151: 127-131.
- FRUSSO E. 2007. Características morfológicas y fenológicas del pecán. In: LAVADO R & FRUSSO E. eds. *Producción de pecán en Argentina*. Buenos Aires, INTA Delta del Paraná. Cap. 2. p18.
- HACK VHH et al. 1992. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono-und dikotyler Pflanzen. – Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd* 44: 265-270.
- HAN M et al. 2018. Pecan phenology in Southeastern China. *Annals of Applied Biology* 172: 160-169.
- HAWERROTH FJ et al. 2010. Dormência em frutíferas de clima temperado. (Documentos - 310), Embrapa Clima Temperado. Pelotas. 56 p.
- HERNÁNDEZ DELGADO PM et al. 2011. Phenological growth stages of mango (*Mangifera indica* L.) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae* 130: 536–540.
- HERRERA E. 1999. Flowering Habits of Pecan Trees. New Mexico State University - Guide H-622, p.4.
- HERRERA E. 2005. Growth and Development of Pecan Nuts. New Mexico State University - Guide H-618, p.4.
- INIA. 2016. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Descripción de estados fenológicos de pecán. Cartilla nº 67. Acesso em 12 jan. 2020. Disponível em: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6339/1/067-PECAN.pdf>.
- KOESER AK et al. 2015. Trees: North & Central Florida. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. 204 p.
- KRAMER PJ & KOZLOWSKI TT. 1979. Physiology of woody plants. New York: Academic Press. 811 p.
- LIU K et al. 2015. Identification of phenological growth stages of sugar apple (*Annona squamosa* L.) using the extended BBCH-scale. *Scientia Horticulturae* 181: 76–80.
- MARAFON AC et al. 2011. Umidade ponderal em tecidos de pereira durante o período de dormência sob condições de inverno ameno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46: 01-07.
- MORENO JHN. 2018a. El llenado de la Nuez Parte I. *Revista Pacana* 4: 34-16.
- MORENO JHN. 2018b. El llenado de la Nuez Parte II. *Revista Pacana* 4: 14-15.
- MORENO JHN. 2019. Factores que afectan el "llenado" de la nuez. *Revista Pacana* 5: 12-13.
- OLIVEIRA MGC et al. 2018. Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos. 2.ed. Brasília: Embrapa, 61p.
- PHAM VT et al. 2015. Phenological growth stages of longan (*Dimocarpus longan*) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae* 189: 201–207.
- RÊGO GM et al. 2006. Caracterização Morfológica da Fenofase Reprodutiva da Imbuia. Colombo: Embrapa Florestas. 4p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 173).
- SOUZA DNN et al. 2014. Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Biotemas* 27: 31-42.
- SPARKS D. 2005. Adaptability of Pecan as a Species. *HortScience* 40: 1175–1189.
- SPARKS D. 1992. Pecan cultivars: the orchard's foundation. Editora: Pecan Productions Innovations. 446p.
- STUCKEY HP. 1916. The two groups of varieties of the Hicoria pecan and their relation to self-sterility. n.124. *Ga. Agr. Expt. Sta. Bull.* 28p.
- TAIZ L et al. 2017. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6ed. Porto Alegre: Artmed. 858p.
- WEBSTER AD. 2005. Shoot growth. In: *Fundamentals of temperate zone tree fruit production*. Leiden: Backhuys Publishers. p.120-135.
- WELLS L. 2017. Southeastern Pecan Grower's Handbook. University of Georgia. 236p.
- WETZSTEIN HY & SPARKS DL. 1983. Morphology of pistillate flower differentiation in pecan. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108: 997-1003.
- WETZSTEIN HY & SPARKS DL. 1986. Flowering in Pecan. In: JANICK, J. *Horticultural Reviews*. Connecticut, Editorial Board 8: 217-251.
- WETZSTEIN HY & SPARKS DL. 1989. Stigma: pollen interactions in pecan. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114: 355-359.
- WOODROOF JG & WOODROOF NC. 1926. Fruit-bud differentiation and subsequent development of the flowers in the hicoria pecan. *Journal of Agricultural Research* 33: 677-685.
- YAMAMOTO RR et al. 2010. "Floral primordia necrosis" incidence in mixed buds of japanese pear (*Pyrus pyrifolia* (Burm.) Nakai var. culta) 'Housui' grown under mild winter conditions and the possible relation with water dynamics. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 79: 246–257.
- ZHANG R et al. 2015. Pecan production in China. *Scientia Horticulturae* 197: 719-727.