

## Efeitos de Caracteres Físicos e Químicos Sobre o Teor de Óleo de Frutos de Pupunha

Brainer William Cruz dos Santos<sup>1</sup>, Fábio Medeiros Ferreira<sup>2</sup>, Victor Ferreira de Souza<sup>3</sup> Rodrigo Barros Rocha<sup>4</sup>, João Batista Bezerra dos Santos<sup>5</sup>

### Resumo

Para quantificar os efeitos diretos e indiretos entre características físicas e químicas sobre o teor (%) de óleo em frutos de pupunha foi realizada a análise de trilha a partir de dados fenotípica. Oitenta e cinco acessos foram adquiridos nas feiras livres de Porto Velho, Rondônia. Foram definidas como variáveis explicativas a massa fresca (MFr), massa da sementes (MSem), espessura da polpa (ESPPolpa), matéria seca (MS), percentual de polpa, teor de fibra, cinzas e proteína (%). Foram estimadas as correlação fenotípicas entre todas as variáveis e, posteriormente, detectado colinearidade fraca entre as oito variáveis explicativas do diagrama causal para teor de óleo. Assim, pode-se realizar a análise de trilha sem prejuízo as interpretações biológicas. A variável percentual de polpa apresentou a mais alta correlação (negativa) e significativa com teor de óleo ( $\hat{\rho} = -0,75$ ), sendo que as demais variáveis explicativas apresentaram, em maioria, grau de associação moderado (positivo ou negativo) significativo ( $|0,52| < \hat{\rho} < |0,67|$ ). A variável matéria seca exibiu correlação moderada positiva e significativa ( $\hat{\rho} = 0,62$ ), mas com o maior efeito direto sobre o teor de óleo, superando inclusive o valor de efeito residual. Ainda, seus efeitos indiretos foram os que mais contribuíram para as correlações da variável principal teor de óleo com as outras explicativas, sendo esta uma característica importante a ser considerada na seleção (indireta ou simultânea) do teor de óleo em frutos de pupunha. O modelo causa-efeito mostrou boa capitação da variabilidade do teor de óleo ( $R^2 = 0,72$ ), mas a estimativa do efeito residual ( $=0,52$ ) sugere a inclusão de novas variáveis explicativas.

### Introdução

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) é uma palmeira domesticada nos Neotrópicos e possui alto potencial econômico e social por ser de uso múltiplo (Clement e Mora Urpí 1987). A ampla variabilidade na composição dos mesocarpos dos frutos de pupunha é o que subsidia o seu uso diferenciado na alimentação humana, sendo que os frutos menos fibrosos e mais oleosos são especialmente apreciados para o consumo (Clement et al. 2001).

Mesmo não tendo sido domesticada pelas populações amazônicas para produção de óleo, a possibilidade de se obter genótipos de pupunha com alto teor de óleo permite direcionar os estudos genéticos para obtenção de árvores que sirvam como fonte de óleo. Estudos relataram frutos com 35% (Clement et al. 1998) e 62% (Arckoll and Aguiar 1984) de óleo, atingindo valores similares ao do dendezeiro (*Elaeis guineenses*). A vantagem sobre o dendê reside na capacidade de formar touceiras cujos indivíduos podem vir a frutificar simultaneamente na idade adulta.

Os frutos de plantas menos domesticadas contém altos índices de óleo e fibra, sendo, ambas, negativamente correlacionadas ao conteúdo de amido (Clement and Arckoll 1991). O entendimento da relação entre as características é fundamental para a implementação do programa de melhoramento da pupunha para produção de frutos. A Embrapa Rondônia tem buscado desenvolver componentes tecnológicos essenciais para a agregação de valor aos frutos da pupunheira, contemplando ensaios de adubação, germinação, produção de mudas e propagação vegetativa. Tal empreitada iniciou-se com a coleta e caracterização de vários acessos obtidos em mercados/feiras do município de Porto Velho.

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos – UFAM/Itacoatiara. Bolsista da CAPES. e-mail: [brainer\\_bio@yahoo.com.br](mailto:brainer_bio@yahoo.com.br).

<sup>2</sup> Professor Adjunto III do Instituto de Ciência Exatas e Tecnologia – UFAM/Itacoatiara. e-mail: [ferreirafmt@ufam.edu.br](mailto:ferreirafmt@ufam.edu.br)

<sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Rondônia – CPAFRO/Porto Velho. e-mail: [victor.souza@embrapa.br](mailto:victor.souza@embrapa.br)

<sup>4</sup> Pesquisador da Embrapa Rondônia – CPAFRO - EMBRAPA/Rondônia. e-mail: [rodrigo@cpafro.embrapa.br](mailto:rodrigo@cpafro.embrapa.br)

<sup>5</sup> Acadêmico do curso de Licenciatura em Química e Biologia - ICET/UFAM. email: [joaozinhosantossj15@hotmail.com](mailto:joaozinhosantossj15@hotmail.com)

Conhecer a associação entre caracteres é muito importante para os estudos de melhoramento, visto que obter ganhos genéticos e definir os melhores genótipos são, muitas vezes, atributos de um conjunto de variáveis agrônomicas e comerciais (Ferreira et al., 2007). Os coeficientes de correlação simples são eficazes em quantificar a magnitude e direção das influências entre duas variáveis, porém, não é uma medida de causa e efeito. Para solucionar esse problema, as análises de trilhas, consideram os efeitos diretos e indiretos de variáveis explicativas sobre uma variável principal, sendo a decomposição da correlação dependente do conjunto de variáveis (CRUZ et al., 2012).

O objetivo deste estudo foi avaliar a relação entre variáveis físicas e químicas de frutos de pupunha apontando os efeitos diretos e indiretos de variáveis explicativas sobre a variável principal, teor de óleo.

## Material e Métodos

Foram adquiridos nas feiras livres de Porto Velho, Rondônia, oitenta e cinco cachos de pupunha no período de safra. Dos cachos de 40 a 50 frutos foram retirados, pesados em balança analítica, para a avaliação da massa fresca (MFr). Após a pesagem, os frutos foram cortados ao meio e pesados, separadamente da polpa e as sementes (M. Sem.). De cada um dos frutos foram retiradas, dependendo do tamanho, amostras correspondentes de 1/4 a 1/8 da polpa (mesocarpo + epicarpo) para as análises químicas, que foram realizadas nos laboratórios da Embrapa Rondônia.

O teor de matéria seca (MS) foi determinado após a secagem em estufa, a 65°C, até peso constante. O material seco foi triturado para a posterior realização das análises químicas. O teor óleo foi determinado a partir de 5,0 g de amostra em extrator Soxhlet, com éter petróleo como solvente, por 5 horas. O teor de cinzas (C) foi determinado a partir de amostras de 1,0 g, após queima em forno tipo mufla a temperatura de 550°C, por 3 horas. Para a determinação do teor de proteína bruta (PB) utilizou-se 1,0 g de material seco desengordurado. Este teor foi estimado indiretamente multiplicando-se o fator de conversão universal (6,25) pelo teor do nitrogênio total, que foi determinado pelo método microkjeldahl. Para a determinação da fibra bruta (FB) foram utilizadas amostras de 1,0 g de material seco desengordurado submetidas a digestões ácida e básica. Os teores de FB, PB e C foram determinados pelos métodos analíticos da AOAC (1992).

Para quantificar o grau de associação entre as variáveis foram estimadas as correlações fenotípicas entre elas. Antes da execução da análise de trilha realizou-se o diagnóstico de multicolinearidade na matriz X'X composta pelas variáveis explicativas, resultando em colinearidade fraca. As análises foram executadas pelo programa computacional GENES (CRUZ, 2006).

## Resultados e Discussão

O presente estudo identificou quatro correlações fenotípicas significativas, elevadas (acima de 0,7) e positivas como massa fresca e espessura da polpa ( $r_{MFr \times ESPPolpa} = 0,892$ ); espessura da polpa e teor de polpa ( $r_{ESPPolpa \times Polpa} = 0,867$ ); massa fresca e teor de polpa ( $r_{MFr \times Polpa} = 0,783$ ) e massa fresca e massa da semente ( $r_{MFr \times MS} = 0,737$ ), e, duas negativas, como teor de polpa e óleo ( $r_{Polpa \times \text{Óleo}} = -0,756$ ) e teor de polpa e fibra ( $r_{Polpa \times Fibra} = -0,709$ ) (Tabela 1).

Tabela 1 Estimativas de correlação fenotípica entre massa fresca (MFr), matéria seca (MS), massa da semente (M.Sem), espessura da polpa (ESPPolpa), teor (%) de polpa, óleo, fibra cinzas e proteína (Prot).

|            | MS (g)   | M.Sem (g) | ESP<br>Polpa | Polpa (%) | Óleo (%) | Fibra (%) | Cinzas (%)           | Prot (%)            |
|------------|----------|-----------|--------------|-----------|----------|-----------|----------------------|---------------------|
| MFr (g)    | -0,505** | 0,737**   | 0,892**      | 0,783**   | -0,654** | -0,597**  | 0,065 <sup>ns</sup>  | -0,455**            |
| MS (g)     | -        | -0,401**  | -0,450**     | -0,477**  | 0,622**  | 0,071**   | -0,622**             | 0,070 <sup>ns</sup> |
| M.Sem (g)  |          | -         | 0,547**      | 0,469**   | -0,430** | -0,420**  | 0,061 <sup>ns</sup>  | -0,272*             |
| ESPPolpa   |          |           | -            | 0,867**   | -0,675** | -0,610**  | 0,012 <sup>ns</sup>  | -0,493**            |
| Polpa (%)  |          |           |              | -         | -0,756** | -0,709**  | 0,003 <sup>ns</sup>  | -0,599**            |
| Óleo (%)   |          |           |              |           | -        | 0,573**   | -0,113 <sup>ns</sup> | 0,521**             |
| Fibra (%)  |          |           |              |           |          | -         | 0,354**              | 0,679**             |
| Cinzas (%) |          |           |              |           |          |           | -                    | 0,213*              |

\*\*,\* Significativo a 1 e 5%, pelo teste t, respectivamente.

<sup>ns</sup> Correlação não significativa;

A correlação negativa elevada entre teor de óleo e percentual de polpa leva a crer que frutos maiores, mais domesticados, possuem teores de óleo mais baixos. No entanto seus efeitos diretos e indiretos sobre a variável principal teor de óleo não superou em nenhuma vez o efeito residual. Contudo, seus efeitos indiretos contribuíram mais com a variação no teor de óleo do que o efeito direto de outras variáveis explicativas. O mesmo pode ser observado para a variável fibra bruta e, principalmente, matéria seca (MS). Por exemplo, na tabela 2, o efeito direto da espessura de polpa é de -0,072, enquanto os efeitos indiretos via MS, polpa e fibra o superam (-0,262, -0,172 e -0,133, respectivamente) em captar a correlação existente sobre o teor de óleo. Cabe destacar a variável MS que apesar de exibir correlação moderada com o teor de óleo (0,622), teve efeito direto sobre a variável principal superior (=0,583) ao efeito residual. Sua magnitude mostrou que a MS é uma característica importante na seleção de plantas com alto teor de óleo. O modelo causal estabelecido a partir das oito variáveis explicativas, físicas e químicas, mostrou um bom ajustamento e captação da variação do teor de óleo, considerando o valor de  $R^2 = 0,725$ , mas que outras variáveis explicativas, junto a estas ou não, podem melhor explicar outra parte da fração da variabilidade do teor de óleo.

Tabela 2. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos da massa fresca (MFr), matéria seca (MS), massa da semente (M.Sem), espessura da polpa (ESPPolpa), teor (%) de polpa, fibra, cinzas e proteína (Prot) sobre o teor de óleo.

| Variáveis      | Efeito Direto | Efeito indireto |        |        |           |        |        |        |        | r      |
|----------------|---------------|-----------------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                |               | MFr             | MS     | M.Sem  | ESP Polpa | Polpa  | Fibra  | Cinza  | Prot   |        |
| MFr            | 0,018         | -               | -0,295 | 0,044  | -0,064    | -0,039 | -0,131 | 0,009  | -0,079 | -0,654 |
| MS             | 0,583         | -0,009          | -      | -0,024 | 0,032     | 0,095  | 0,015  | -0,082 | 0,012  | 0,622  |
| M.Sem          | 0,059         | 0,013           | -0,238 | -      | -0,039    | -0,093 | -0,092 | 0,008  | -0,047 | -0,430 |
| ESPPolpa       | -0,072        | 0,016           | -0,262 | 0,032  | -         | -0,172 | -0,133 | 0,002  | -0,086 | -0,675 |
| Polpa          | -0,198        | 0,014           | -0,278 | 0,028  | -0,062    | -      | -0,155 | 0,000  | -0,104 | -0,756 |
| Fibra          | 0,219         | -0,011          | 0,041  | -0,025 | 0,044     | 0,140  | -      | 0,047  | 0,118  | 0,573  |
| Cinza          | 0,132         | 0,001           | -0,363 | 0,004  | -0,001    | -0,001 | 0,077  | -      | 0,037  | -0,113 |
| Prot           | 0,174         | -0,008          | 0,040  | -0,016 | 0,035     | 0,119  | 0,148  | 0,028  | -      | 0,521  |
| R <sup>2</sup> | 0,725         |                 |        |        |           |        |        |        |        |        |
| Resíduo        | 0,525         |                 |        |        |           |        |        |        |        |        |

r: Correlação fenotípica estimada; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação.

### Agradecimentos

Ao Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia – CPAFRO/EMBRAPA pela parceria no desenvolvimento deste trabalho. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio financeiro ao projeto “Desenvolvimento dos componentes tecnológicos essenciais para a produção dos frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae) na agricultura familiar da Amazônia Legal Brasileira”. À Fundação de Apoio do Estado do Amazonas – FAPEAM pelo apoio financeiro e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudo de mestrado.

### Referências

- Arckoll DB and Aguiar JPL (1984) Peach palm (*Bactris gasipaes* HBK) a new source of vegetable oil from wet Tropics. **Journal of the science of food and agriculture** **35(5)**: 520-526.
- Clement CR and Mora Urpi JE (1987) Pejibaye Palm (*Bactris gasipaes*, Arecaceae): Multi-use Potential for the Lowland Humid Tropics. **Economic Botany** **41(2)**: 302-311.
- Clement CR, Aguiar JPL and Arckoll DB (1998) Composição química do mesocarpo e do óleo de três populações de pupunha (*Bactris gasipaes*) do Rio Solimões, Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura** **20**:115-118.
- Clement CR and Arckoll DB (1991) The pejiyaye (*Bactris gasipaes* HBK Palmae) as an oil crop: Potential and breeding strategy. **Oleagineux** **46(7)**: 293-299.
- Cruz CD, Regazzi AJ and Carneiro PCS (2012) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, 514p.
- Ferreira FM, Barros WS, Silva FL, Barbosa MHP, CRUZ CD, Bastos IT (2007) Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. **Bragantia** **66(4)**: 605-610.