

RESUMO GERAL

A taxonomia integrativa vêm ganhando destaque como uma maneira de propor classificações, de forma mais robusta e estatisticamente embasada, no campo da sistemática dos variados grupos biológicos, especialmente naqueles de difícil delimitação. Neste contexto, sabe-se que a variação morfológica em indivíduos vegetais pode decorrer da influência de fatores ambientais circundantes, momento em que condições abióticas impulsionam mudanças adaptativas intraespecíficas, especialmente no tamanho e formato de suas diferentes estruturas. *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) enquadra-se nesta perspectiva em virtude da grande complexidade exibida principalmente pelas folhas de seus táxons silvestres. Este trabalho teve como objetivo principal revisar três complexos de espécies de *Manihot* por meio de uma abordagem integrativa que incluiu análises morfométricas, ecológicas, espaciais e descritivas. Para isso, foram avaliadas em torno de 300 exsicatas pertencentes a quase 50 herbários, sendo todos os testes estatísticos executados no R-Studio. Para a morfometria, 16 atributos foliares considerados informativos do ponto de vista taxonômico foram mensurados através do software do ImageJ e empregados para averiguar a eficiência de: (1) agrupamentos preexistentes na literatura e de (2) agrupamentos alternativos obtidos por meio de um Modelo Gaussiano de modelagem. Para a ecologia, dados meteorológicos (precipitação), climáticos (temperatura) e de relevo (altitude) foram coletados na plataforma do WorldClim e comparados com os dados morfométricos para testar a correlação entre a variação foliar e o ambiente. Com os pontos de ocorrência das exsicatas foram confeccionados mapas de distribuição para os morfotipos modelados na morfometria, sendo estes mapas associados com os resultados da correlação ambiental para a caracterização das áreas de ocupação dos espécimes. Foram também realizadas descrições morfológicas tradicionais, revisões de sinônimos registrados e tipificações, sendo as informações obtidas neste trabalho condensadas em um tratamento taxonômico para cada complexo. Como produto primário da dissertação, foram obtidos três artigos, a serem submetidos em revistas de fator de impacto A3+. O primeiro capítulo focou na revisão de *Manihot anomala* Pohl, onde é feita a constatação de sua classificação como uma espécie única, bem como a sinonimização de todas as suas cinco subespécies após a observação de sobreposição de características diagnósticas vegetativas, reprodutivas e de distribuição geográfica. Foram ainda identificados dois morfotipos para o complexo (MF1, melhor adaptado a regiões mais altas e chuvosas, e MF2, associado àquelas baixas e secas), provável fruto de hibridização entre *M. anomala* e espécies silvestres. O segundo capítulo perpassou a revisão de *Manihot caerulea* Pohl, onde é corroborada a sinonimização de duas de suas subespécies, além de feita pela primeira vez a sinonimização de *M. caerulea* subsp. *laevis*, em virtude de níveis elevados de sobreposição, incluindo de características diagnósticas de fruto. Ficou constatada ainda a existência de oito morfotipos foliares (MF1-MF8),

incapazes de serem separados como táxons distintos, uma vez que mostraram compor diferentes estágios de um contínuo fenotípico, provável resultado de fatores como hibridização, distribuição sobreposta e adaptação a condições abióticas singulares. O terceiro capítulo objetivou a revisão de *Manihot carthagenensis* s.l. (Jacq.) Müll. Arg., onde é confirmado o estabelecimento de *M. carthagenensis* s.s. e *Manihot glaziovii* Müll. Arg. como espécies independentes, algo evidenciado pela formação de dois morfotipos principais (MF1 e MF4), bem delineados do ponto de vista morfológico e adaptados a regiões de Caatinga/Cerrado/Chaco/Chiquitano e de Mata Atlântica, respectivamente. Nos capítulos de maneira geral, os caracteres qualitativos foram os mais importantes para a delimitação dentro de *Manihot*, com destaque para: forma do ápice, forma da base, forma do lobo principal, número de lobos e pubescência, além dos caracteres quantitativos sinus do lobo principal e tecido infra-peciolar. A precipitação foi o atributo de correlação mais forte com a plasticidade foliar, detendo maior relevância estatística para todos os grupos analisados. No total, o trabalho traz sete sinonimizáveis inéditas, somando análises de subespécies previamente aceitas e de sinônimos não oficialmente publicados, bem como 17 lectotipificações. Os resultados aqui obtidos podem gerar subsídios para estudos focados em táxons de difícil circunscrição, assim como fornecer *insights* acerca do papel do ambiente na variação morfológica da folha em *Manihot*, ajudando a resolver impasses taxonômicos no gênero, ao mesmo tempo em que fornece uma base para a seleção de caracteres úteis para demais trabalhos no campo da sistemática e evolução de plantas.

Palavras-chave: ecologia; mandioca; morfotipo; plasticidade fenotípica; taxonomia integrativa.

ABSTRACT

Integrative taxonomy has been gaining prominence as a way to propose more robust and statistically grounded classifications in the field of systematics within various biological groups, especially those with difficult delimitation. In this context, it is known that morphological variation in plant individuals can arise from the influence of surrounding environmental factors, at a time when abiotic conditions drive intraspecific adaptive changes, especially regarding the size and shape of their different structures. *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) falls within this perspective due to the great complexity exhibited primarily by the leaves of its wild taxa. This study aimed to review three species complexes of *Manihot* through an integrative approach that included morphometric, ecological, spatial, and descriptive analyses. To this end, about 300 herbarium specimens from nearly 50 herbaria were evaluated, with all statistical tests conducted in R-Studio. For the morphometry, 16 leaf attributes considered informative from a taxonomic perspective were measured using the ImageJ software and used to examine the efficiency of: (1) preexisting groupings described in the literature and (2) alternative groupings obtained through a Gaussian Grouping model. For the ecology, meteorological (precipitation), climatic (temperature), and topographical (altitude) data were collected from the WorldClim platform and compared with the morphometric data to test the correlation between leaf variation and environmental factors. Distribution maps were created for the morphotypes modeled during the morphometry, based on the occurrence points of the specimens, and these maps were associated with the environmental correlation results for the characterization of the specimens' habitat areas. Traditional morphological descriptions, synonym reviews, and typifications were also carried out, being the information gathered in this study condensed into a taxonomic treatment for each complex. As the primary product of the dissertation, three articles were produced, to be submitted to journals with an A3+ impact factor. The first chapter focused on the revision of *Manihot anomala* Pohl, confirming its classification as a single species and the synonymization of all its five subspecies after the finding of overlapping diagnostic vegetative and reproductive features, and geographic distribution. Two morphotypes were also identified for the complex (MP1, better adapted to higher and rainier regions, and MP2, associated with lower and drier areas), likely resulting from hybridization between *M. anomala* and wild species. The second chapter dealt with the revision of *Manihot caerulescens* Pohl, supporting the synonymization of two of its subspecies, and for the first time, carrying out the synonymization of *M. caerulescens* subsp. *laevis*, due to high levels of overlap, including of diagnostic fruit characteristics. It was also found eight leaf morphotypes (MP1-MP8), which could not be separated as distinct taxa, as they appear to constitute different stages of a phenotypic continuum, likely resulting from a collective of factors such as hybridization, overlapping distribution, and adaptation to unique abiotic

conditions. The third chapter aimed at revising *Manihot carthagenensis* s.l. (Jacq.) Müll. Arg., confirming the establishment of *M. carthagenensis* s.s. and *Manihot glaziovii* Müll. Arg. as independent species, evidenced by the formation of two main morphotypes (MP1 and MP4), clearly delineated regarding its morphology and most adapted to regions of Caatinga/Cerrado/Chaco/Chiquitano and Atlantic Forest, respectively. In general, the qualitative characters were the most important for delimitation within *Manihot*, with particular emphasis on: shape of apex, shape of base, shape of main lobe, number of lobes, and pubescence, as well as the quantitative characters: sinus of main lobe and infra-peciolar tissue. Precipitation was the attribute most strongly correlated with leaf plasticity, showing the highest statistical relevance for all analyzed groups. In total, this work brings seven unprecedented synonymizations, including analyses of previously accepted subspecies and unofficially published synonyms, as well as 17 lectotypifications. The results here obtained may provide support for studies focusing on taxa with difficult circumscription, as well as offer insights into the role of the environment over the leaf morphological variation in *Manihot*, helping to resolve taxonomic impasses in the genus, while providing a foundation for the selection of useful characters for further work in the field of systematics and plant evolution.

Keywords: cassava; ecology; integrative taxonomy; morphotype; phenotypic plasticity.