



## Predictive modeling of *Vellozia cinerascens* (Mart.) Mart. ex Seub: Can climate change affect its occurrence?

### Modelagem preditiva de *Vellozia cinerascens* (Mart.) Mart. ex Seub: Mudanças Climáticas poderão afetar sua ocorrência?

SILVA, Leovandes Soares<sup>(1)</sup>; COSTA, Thaís Ribeiro<sup>(2)</sup>; TEIXEIRA, Regina dos Santos<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> 0000-0002-1609-1010; Doutor em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Diamantina, Minas Gerais (MG), Brasil. E-mail: leosoares.ef@gmail.com

<sup>(2)</sup> 0000-0001-7585-122X; Doutora em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Diamantina, Minas Gerais (MG), Brasil. E-mail: thaisribeiro.florestal@gmail.com

<sup>(3)</sup> 0000-0002-3956-4407; Geógrafa, Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus (PI), Brasil. E-mail: reginasantost654@gmail.com.

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

#### ABSTRACT

Knowing the geographical distribution of species and the variables that influence their occurrence are essential for biodiversity conservation. The aim of this study was to investigate the potential distribution of *Vellozia cinerascens* (Mart.) Mart. ex Seub., in the Northeast region of Brazil, and identify the environmental variables that influence its distribution. For the analysis of the modeling, data on the occurrence of the species and climatic variables were used for three scenarios: current (1970-2000), pessimistic and optimistic future (2080'). The Maxent algorithm was chosen to relate the occurrence of the species with bioclimatic variables that reflect different conditions of temperature, precipitation and seasonality. The influence of the variables on the distribution of the species was evaluated by the Jackknife test, while the models were validated by the AUC index. The models presented good performance, the values of the AUC indices were consistent ranged from 0.85 to 0.89. The maps predict areas of wide occurrence for the species in the northeast region. The models showed an expansion of the environmentally appropriate area of the species for the current period and a considerable increase for the future. The environmental variables that most contributed to the distribution of this species were those related to temperature and humidity. The emergence of areas with high environmental suitability for the future scenario was visualized. The areas of adequacy showed an increase, indicating that climate change is unlikely to affect the occurrence of this species.

#### RESUMO

Conhecer a distribuição geográfica das espécies e as variáveis que influenciam sua ocorrência são essenciais para a conservação da biodiversidade. O objetivo desse estudo foi investigar a potencial distribuição de *Vellozia cinerascens* (Mart.) Mart. ex Seub., na região Nordeste do Brasil, e identificar as variáveis ambientais que influenciam a sua distribuição. Para a análise da modelagem foram utilizados dados de ocorrência da espécie e variáveis climáticas referentes a três cenários: atual (1970-2000), futuro pessimista e otimista (2080'). O algoritmo Maxent foi escolhido para relacionar a ocorrência da espécie com variáveis bioclimáticas que refletem diferentes condições de temperatura, precipitação e sazonalidade. A influência das variáveis sobre a distribuição das espécies foi avaliada pelo teste *Jackknife*, já os modelos foram validados pelo índice AUC. Os modelos apresentaram bom desempenho, os valores dos índices AUC foram consistentes variaram entre 0,85 à 0,89. Os mapas preveem áreas de ampla ocorrência para a espécie na região nordeste. Os modelos evidenciaram uma ampliação da área ambientalmente adequada da espécie para o período atual e aumento considerável para o futuro. As variáveis ambientais que mais contribuíram para a distribuição dessa espécie foram às relacionadas à temperatura e umidade. Foi visualizado o surgimento de áreas com alta adequabilidade ambiental para o cenário futuro. As áreas de adequabilidade apresentaram aumento, indicando que as mudanças climáticas provavelmente não afetarão a ocorrência dessa espécie.

#### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

##### Histórico do Artigo:

Submetido: 21/09/2022

Aprovado: 03/10/2022

Publicação: 10/10/2022



##### Keywords:

Caatinga, geographic distribution, maxent algorithm.

##### Palavras-Chave:

Caatinga, distribuição geográfica, algoritmo maxent.

## Introdução

Na Caatinga, o baixo nível de precipitação é um fator limitante para a ocorrência vegetativa, além disso, o processo de antropização e desmatamento ilegal para fins madeireiro vêm ao longo do tempo transformando a vegetação deste ecossistema (Oliveira & Bernard, 2017).

As mudanças climáticas globais registradas nas últimas décadas podem alterar a distribuição, tornando-se um dos principais fatores responsáveis pela extinção de muitas espécies vegetais. Conforme muda as condições climáticas, também são alteradas as distribuições potenciais das espécies, ou seja, mudam-se aquelas áreas da paisagem com condições adequadas para a persistência de uma espécie (Amaral; Ferreira; Mann, 2021).

As condições de nicho como o clima, distúrbios, interações bióticas e abióticas são determinantes para a distribuição geográfica das espécies vegetais. Estas variáveis atuam como filtros ambientais determinando o *pool* regional de espécies dentro das comunidades (Silva et al., 2014; Gladson et al., 2018). Por isso, é importante conhecer os fatores ecológicos que influenciam na distribuição geográfica de ocorrência das espécies (Chagas; Lucas; Vieira, 2020).

O conhecimento sobre os limites de distribuição geográfica das espécies vegetais ainda é incipiente, os modelos de distribuição potencial são úteis para preencher essa lacuna, principalmente com o cenário das mudanças climáticas (Guisan & Zimmermann, 2000; Costa et al., 2018).

Gerar mapas de distribuição de espécies auxilia no processo de identificação de prováveis locais de ocorrência. O uso e a aplicação dos modelos de distribuição de espécies vêm contribuindo para a tomada de decisão, pois, auxilia na compreensão dos requerimentos ecológicos e conservação das espécies (Costa et al., 2018). Relaciona a distribuição de ocorrência da espécie em locais conhecidos com um conjunto multivariado de variáveis do ambiente desses locais, por meio de ajustes de funções para predizer em que locais no espaço geográfico é provável sua ocorrência (Pearson et al., 2014; Figueiredo et al., 2015).

Esse trabalho teve como objetivo investigar a potencial distribuição de *Vellozia cinerascens* (Mart.) Mart. ex Seub., na região Nordeste do Brasil, para os dias atuais (1970-2000) e futuro otimista e pessimista (década de 2080'). Assim, pretendemos responder às seguintes questões: Quais variáveis ambientais determinam a distribuição da *Vellozia cinerascens*? Qual o principal impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição da espécie?

## Procedimento Metodológico

Fitogeograficamente a área do estudo se encontra no domínio da Caatinga (9°11'27.77"S, 44°27'13.96"O), altitude em torno de 310 m, e área total de aproximadamente 18 hectares. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (clima tropical

com estação seca de inverno), temperatura e pluviosidade média anual de 26,7°C de 1002 mm, respectivamente (Alvares et al., 2013). Apresenta duas estações bem definidas, sendo a estação seca que compreende os meses de maio a outubro, e a chuvosa que ocorre de novembro a abril (Medeiros et al., 2016).

Na área do estudo foram encontradas populações de *Vellozia cinerascens* que ocorrem em agrupamentos, em áreas abertas com solo raso e declivoso, apresentam frequentemente revestimento pedregoso na superfície, circundadas por espécies herbáceas e arbustivas isoladas.

### **Espécie alvo**

A canela de ema (*Vellozia cinerascens* (Mart.) Mart. ex Seub.) pertence à família Velloziaceae, cuja família possui seu centro de diversidade no campo rupestre brasileiro, principalmente na Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais, onde possui altas taxas de endemismo (Miranda, 2012; Silveira et al., 2016).

Algumas espécies desse gênero também ocorrem em alguns estados na região Nordeste, como é o caso de *Vellozia cinerascens* (Mart.) Mart. ex Seub., encontrada no estado do Piauí (Silva et al., 2019). Segundo esses autores, essa espécie foi encontrada em pequenas populações isoladas, geralmente sobre afloramento rochoso, locais onde seria difícil a implantação de culturas agrícolas, além disso, essa espécie possui potencial ornamental (Cavalcante et al., 2017). Portanto, as informações sobre sua distribuição geográfica são importantes para o manejo e a conservação (Costa et al., 2018).

### **Obtenção dos dados**

Para inferir sobre o impacto das mudanças climáticas na vegetação foram utilizados três cenários distintos: dias atuais (1970-2000) e futuro pessimista e otimista (2080’).

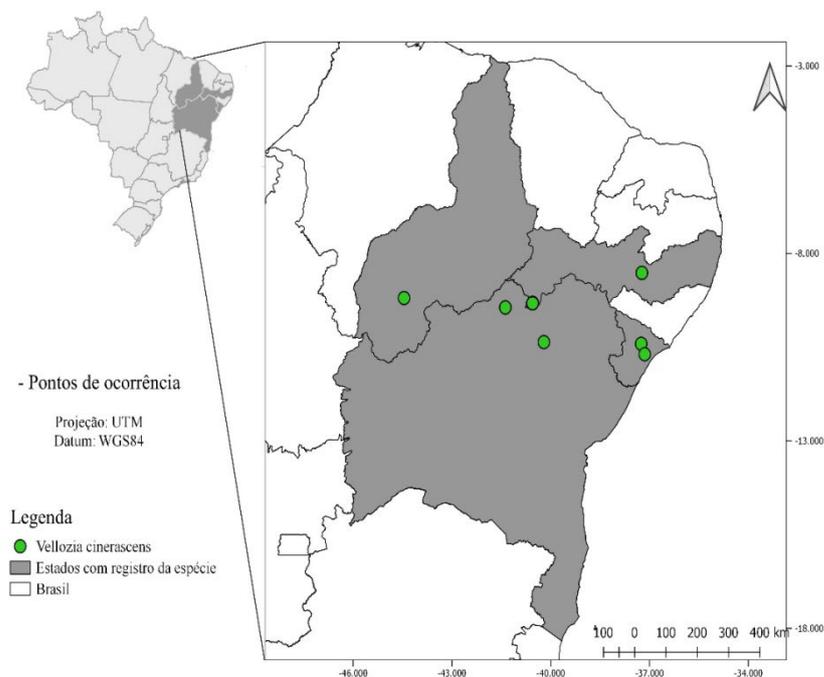
Para modelar a atual distribuição da espécie, usamos camadas climáticas com base em um valor médio de 1960 a 1990 dados do *Worldclim*. A previsão da mudança climática foi baseada no clima projeções do Quinto Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC5) do Clima Global Modelos (GCMs) para quatro vias representativas de concentração de gases de efeito estufa (RCP) (WORLDCLIM, 2017). Os possíveis efeitos das mudanças climáticas foram avaliados usando o RCP 4.5 e 8.5 para 2080 (Modelo de Sistema Climático Comunitário - CCSM 4.0; CESM, 2017). O RCP 4.5 corresponde a um cenário otimista e representa um aumento na temperatura global variando de 0,3 a 1,7 °C até 2100. No entanto, o RCP 8.5 mostra um cenário mais pessimista com aumento global da temperatura variando de 1,4 a 4,8 ° C até 2100 (Stocker et al., 2013).

Os dados bióticos (presença da espécie) foram extraídos de pontos de georreferenciamento disponíveis no banco de dados *SpeciesLink* (<http://splink.cria.org.br>), de domínio público. Durante o processamento dos dados, pontos de ocorrência duvidosos,

com localidade incompleta ou incerta, sem data de coleta ou com coordenadas repetidas foram excluídos da pesquisa. Após a compilação dos dados foram selecionados os pontos de ocorrência da espécie (Figura 1).

**Figura 1.**

Áreas de ocorrência de *Vellozia cinerascens* na região Nordeste do Brasil.



Foram utilizadas 19 camadas com dados climáticos, que refletem diferentes condições de temperatura, precipitação e sazonalidade (Tabela 1). Para todos os cenários, essas variáveis foram obtidas do banco de dados do *WorldClim* (Fick & Hijmans, 2017), com resolução espacial de 1 km (30”).

**Tabela 1.**

Relação das 19 variáveis ambientais utilizadas na distribuição potencial da espécie *Vellozia cinerascens* e suas respectivas descrições, na região nordeste do Brasil.

Variáveis	Descrição
bio 1	Temperatura média anual
bio 2	Variação diurna média de temperatura
bio 3	Isotermalidade
bio 4	Sazonalidade de temperatura
bio 5	Temperatura máxima do mês mais quente
bio 6	Temperatura mínima do mês mais frio
bio 7	Amplitude térmica atual
bio 8	Temperatura média do trimestre mais úmido

bio 9	Temperatura média do trimestre mais seco
bio 10	Temperatura média do trimestre mais quente
bio 11	Temperatura média do trimestre mais frio
bio 12	Precipitação anual
bio 13	Precipitação do mês mais chuvoso
bio 14	Precipitação do mês mais seco
bio 15	Sazonalidade da precipitação
bio 16	Precipitação do trimestre mais chuvoso
bio 17	Precipitação do trimestre mais seco
bio 18	Precipitação do trimestre mais quente
bio 19	Precipitação do trimestre mais frio

---

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Todas as variáveis foram usadas para cobrir o território do bioma Caatinga, visto que a análise de correlação entre pares das variáveis utilizadas evita a redundância de informação, realizamos o teste de correlação de Pearson para evitar a presença de multicolinearidade entre as variáveis. Aquelas altamente correlacionadas ( $r > 0.85$ ) foram excluídas da modelagem com base na relevância ecológica, reduzindo a chance de ocorrer o sobre ajustamento dos modelos (Gianini et al., 2012).

### **Elaboração e avaliação dos modelos**

A modelagem foi realizada no MAXENT 3.4, que se baseia no princípio da entropia máxima (Phillips et al., 2017). Este algoritmo se baseia apenas nos dados de presença, sendo estes, considerados os mais apropriados para previsão do impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição potencial das espécies.

Para cada modelo, utilizamos 5000 interações com 10 repetições do tipo “*bootstrap*”, para se obter uma superfície de possibilidade de distribuição mais robusta.

A vantagem dessa técnica é que ela fornece respostas mais precisa, requer menos suposições e favorece o entendimento (Guerra, 2016). O teste “*jackknife*” também foi aplicado para avaliar a importância das variáveis para os modelos (Phillips & Dudik, 2008).

No software, os dados foram subdivididos em dois grupos: uma parte composta por 70% dos dados para a calibração (treino) dos ajustes e os 30% restantes para a avaliação (teste) dos ajustes, conforme sugerido por Thuiller (2003).

Para a avaliação dos modelos foi utilizado o cálculo da área sob a curva ROC (*Receiver Operating Characteristics*), a AUC. Este índice é um indicador direto da capacidade discriminatória do modelo e é interpretado diretamente como a probabilidade do modelo de,

dado um ponto de verdadeira presença e um ponto de verdadeira ausência, o modelo classificado corretamente (Phillips et al., 2006).

A construção dos modelos para cada espécie e para a comunidade foi feita utilizando um valor de limite de corte: “10 *Percentile Training Presence*”. Este limiar exclui as ocorrências abaixo de 10% de probabilidade, diminuindo a sobre previsão dos modelos (Giannini et al., 2012). Assim, pixels com valores acima deste limite foram considerados para a produção dos mapas de ocorrência. Realizamos todas as análises de sistemas de informações geográficas no ArcGIS ver. 10.6 (Esri, 2018).

## Resultados e Discussão

Espécies endêmicas como *Vellozia cinerascens*, constituem alvo prioritário de conservação frente ao cenário das mudanças climáticas, devido à sua maior vulnerabilidade à perda de habitat. No entanto, definir estratégias para manutenção dessas populações não é uma tarefa fácil, pois é difícil adquirir informações sobre sua distribuição real, bem como sua história evolutiva e nicho realizado (Costa et al., 2018). Assim, os resultados encontrados neste estudo podem auxiliar na previsão da distribuição potencial da espécie, uma vez que os modelos tiveram bom ajuste e foram classificados como consistentes, obtendo AUC superior a 0,85 para todos os modelos gerados (Presente = 0,85; Futuro pessimista e otimista = 0,89), o que indica um ajuste adequado do modelo utilizado e alto poder preditivo (Costa et al., 2018).

Os modelos mostram também que as áreas potenciais foram positivamente correlacionadas com a ocorrência natural das espécies, corroborando com Wang et al. (2014). Os valores de AUC tendem a ser maiores para espécies que possuem uma distribuição mais restrita (Yang et al., 2013; Costa et al., 2018). Os dados de coleta e amostragem de *Vellozia cinerascens* mostra que essa espécie apresenta uma distribuição restrita a alguns estados da região nordeste do Brasil (FLORA E FUNGA DO BRASIL, <http://reflora.jbrj.gov.br>).

A modelagem e o teste de correlação dos dados ambientais mostram que das 19 variáveis bioclimáticas selecionadas inicialmente, apenas oito foram mantidas no modelo final: bio 1, bio 2, bio 7, bio 12, bio 14, bio 15, bio 18 e bio 19 (Tabela 2). As variáveis bioclimáticas que mais contribuíram para a modelagem da espécie em todos os períodos analisados foram a variação diurna média da temperatura (bio 2), amplitude térmica anual (bio 7) e precipitação anual (bio 12) (Tabela 2 e Figura 2). Para os dois primeiros cenários, a variável bioclimática que diminuiu o retorno quando omitida (importância de permutação) foi a amplitude térmica anual (bio 7). Já para o futuro (pessimista) a precipitação anual (bio 12) contém a maior parte das informações que não estão presentes nas demais variáveis bioclimáticas.

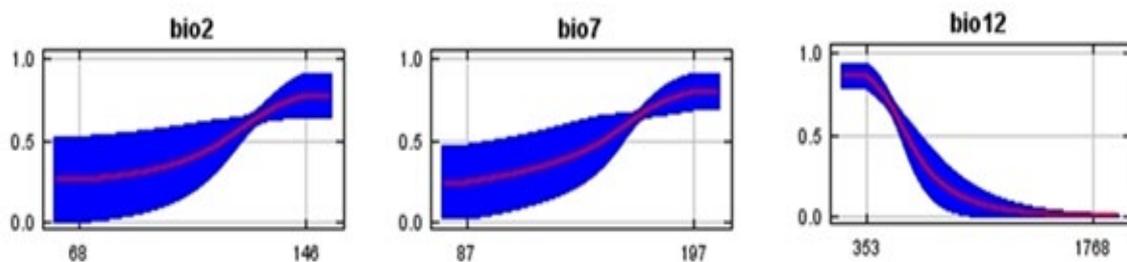
**Tabela 2.**

Os percentuais dos valores de contribuição relativa e importância de permutação das variáveis ambientais dos modelos de distribuição *Vellozia cinnerascens*.

Período	Variáveis	Percentual de contribuição	Permutação de importância
Atual	bio 12	53.5	15.3
	bio2	33.1	32.3
	bio7	9	40.1
	bio18	3.4	5.2
	bio15	0.6	4.2
	bio14	0.4	2.9
	bio19	0	0
	bio1	0	0
Futuro otimista	bio7	51.7	75.5
	bio2	39.5	8.7
	bio12	4.6	6.9
	bio18	1.8	1.6
	bio15	1.1	5.8
	bio19	1.1	1.4
	bio14	0.3	0.1
	bio1	0	0
Futuro pessimista	bio2	40.8	31.7
	bio12	22.4	37.3
	bio7	19.5	22.5
	bio19	11.9	0.3
	bio18	3.2	2.7
	bio15	1.5	3
	bio14	0.5	2.1
	bio1	0.1	0.3

**Figura 2.**

Curvas representando os limites de tolerância da *Vellozia cinnerascens* (eixo y) em relação às variáveis de maior contribuição (eixo x) para a ocorrência da espécie.



A distribuição da espécie é diretamente proporcional às variáveis bio 2 (Variação Diurna Média de Temperatura) e bio 7 (Amplitude térmica anual), e inversamente à bio 12 (Precipitação Anual) (Figura 2). Ou seja, maior potencial de distribuição em locais que apresentam ampla variação de temperatura (comuns à sazonalidade da caatinga). Por outro lado, menor área de adequabilidade ambiental em sítios de maior precipitação. Acredita-se que isso seja resultado das flutuações climáticas do passado, que em algum momento de maiores precipitações, pode ter restringido a distribuição de *Vellozia cinerascens*.

A espécie estudada apresenta correlação com as variáveis de precipitação e temperatura. Na Caatinga, essas variáveis são um fator limitante para o desenvolvimento vegetativo, resultado similar foi encontrado por Chagas; Lucas; Vieira (2020) com a espécie *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret. Verificou-se também que as variáveis bioclimáticas mais significativas para o modelo estão relacionadas à precipitação anual e aos períodos mais chuvosos, ou seja, em áreas com temperatura baixa e precipitação acima da observada na Caatinga não são adequadas à espécie.

No caso de espécie endêmica, como *Vellozia cinerascens*, possui predição melhor quando comparada com espécies cosmopolitas (Mcpherson & Jetz, 2007; Costa et al., 2018), nesse caso, as informações são mais consistentes em relação às condições favoráveis do habitat, favorece o desenvolvimento de modelos preditivos. Populações de algumas espécies, que no passado estiveram distribuídas por extensas áreas encontram-se hoje restritas a pequenos sítios (refúgios) em detrimento da perda ou redução da capacidade de evoluir e adaptar-se frente às mudanças do clima e/ou pressões antrópicas (Pereira & Almeida, 2004).

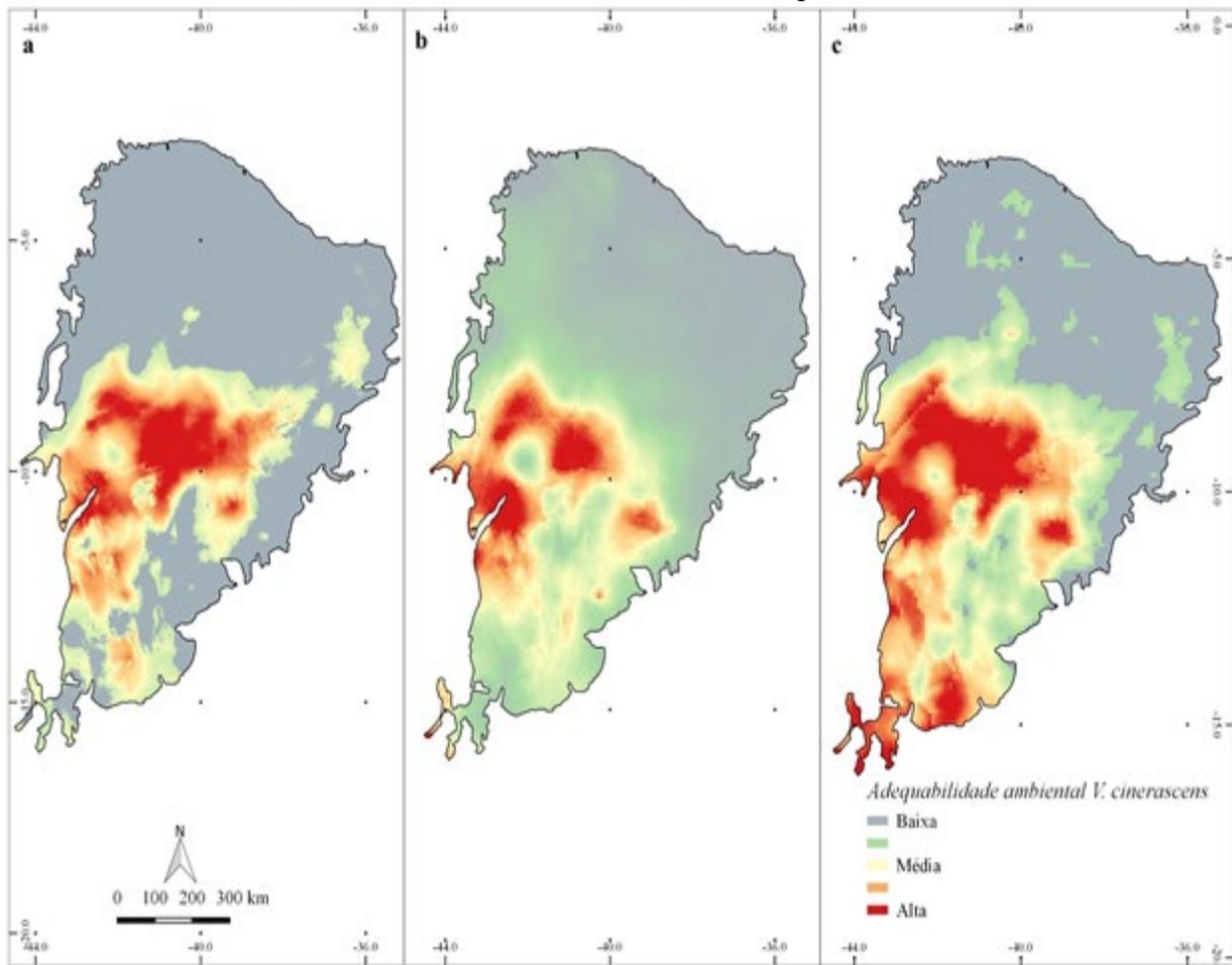
Segundo Alexandre; Lorini; Grelle (2013), a modelagem preditiva no cenário futuro é muito importante destacar que um possível aumento de área climaticamente adequada não necessariamente significa o benefício para determinadas espécies, pois alterações antrópicas na cobertura do solo podem impossibilitar a chegada e o estabelecimento de populações nas novas áreas adequadas.

Os resultados da modelagem mostraram a ocorrência da espécie *Vellozia cinerascens* na região Nordeste para o período atual (Figura 3). Quanto mais alta a ocorrência, maior a adequabilidade ambiental da espécie. Apresentou áreas amplas de adequabilidade ambiental, porém, restrito à região nordeste, provavelmente a baixa precipitação na região da Caatinga seja um dos fatores importantes para a ocorrência dessa espécie, uma vez que, a maior intensidade de adequação ocorreu na mesma região onde localiza os dados de sua ocorrência, como observados por Moura et al. (2017) para a espécie *Richeria grandis*.

**Figura 3.**

Distribuição e potencial de adequabilidade ambiental de *Vellozia cinnerascens* no nordeste do Brasil para o período atual e futuro onde:

a) Presente b) Futuro otimista c) Futuro pessimista.



Para as condições ambientais do período atual, a espécie *Vellozia cinnerascens* apresentou uma área de adequação menor em relação ao futuro. Observou-se uma expansão da adequabilidade nas áreas de aptidão do período atual para o futuro, tanto nos cenários otimista quanto no pessimista e em todos os modelos testados (Figura 3).

A figura 3 mostra que no futuro otimista há uma redução da concentração da espécie, porém, há uma expansão da área adequada para a ocorrência em relação ao período atual na região Nordeste, a distribuição geográfica da espécie apresenta maior relevância nos estados do Piauí, Sergipe e Bahia.

No futuro pessimista a distribuição de *Vellozia cinnerascens* quase que dobrou de área potencial, que é a relação com a baixa precipitação. Porém, o aumento da adequabilidade ambiental não é garantia de que a espécie vai estar naquele local (ação antrópica, área de endemismo). Segundo Weber et al. (2017) a alta adequabilidade nem sempre indica alta abundância.

Diante dos resultados pode-se afirmar que a região Nordeste proporciona características ambientais favoráveis para o estabelecimento e desenvolvimento de indivíduos de *Vellozia cinnerascens* e tende a se expandir. As espécies da família Velloziaceae são rústicas e toleram situações extremas como elevados períodos de seca.

Quando comparado ao futuro, as áreas de adequabilidade apresentaram aumento, indicando que as mudanças climáticas poderão contribuir positivamente para expansão de *Vellozia cinnerascens*, isto demonstra que para a espécie as mudanças climáticas em longo prazo possivelmente não afetarão sua distribuição.

## Conclusões

A espécie *Vellozia cinnerascens* tem maior potencial de distribuição em locais que apresentam ampla variação de temperatura, como é o caso da Caatinga. Possui menor área de adequabilidade ambiental em sítios de maior precipitação.

As variáveis ambientais que mais contribuíram para a distribuição dessa espécie foram às relacionadas à temperatura e umidade.

Para a predição futura com o cenário das mudanças climáticas foi visualizado o surgimento de áreas com alta adequabilidade ambiental. As áreas de adequabilidade apresentaram aumento, indicando que as mudanças climáticas provavelmente não afetarão a distribuição dessa espécie.

## REFERÊNCIAS

- Alexandre, B. R., Lorini, M. L., Grelle, C. E. V. (2013). Modelagem preditiva de distribuição de espécies ameaçadas de extinção: um panorama das pesquisas. *Oecologia Australis*, 17(4), 483-508, dezembro, 2013. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2013.1704.04>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Berlin, 22(6), 711-728, 2013. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Amaral, L. A., Ferreira, R. A., Mann, R. S. (2021). O uso de modelagem de distribuição de espécies para restauração florestal: Uma revisão sistemática. *Research, Society and Development*, 10(8) e46610817158, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17158>
- Cavalcante, M. Z. B., Dultra, D. F. S., Silva, H. L. C., Cotting, J. C., Silva, S. D. P., Siqueira Filho, J. A. (2017). Potencial ornamental de espécies do Bioma Caatinga. *Comunicata Scientiae*, 8(1) 43-58, 2017. <http://dx.doi.org/10.14295/cs.v8i1.2649>
- Chagas, K. P. T., Lucas, F. M. F., Vieira, F. A. (2020). Predictive modeling of *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret: how can climate change affect its potential distribution range? *FLORESTA*, Curitiba, PR, 50 (2), 1315 - 1324, abr/jun 2020.
- Community Earth System Model – CESM. *CESM models* [online]. 2017 [cited 2021 April] Available from: <http://www.cesm.ucar.edu/models/ccsm4.0/>
- Costa, T. R., Moura, C. C., Machado, E. L. M., Bueno, M. L. (2018). Modelagem preditiva da espécie *Lychnophora pohlii* SCH. BIP., no estado de Minas Gerais. *Nativa*, Sinop, 6(1), 100-106, fev. 2018. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i1.4696>
- Chagas, K. P. T., Lucas, F. M. F., Vieira, F. A. (2020). Predictive modeling of *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret: how can climate change affect its potential distribution range? *Floresta*, Curitiba, PR, 50(2), 1315 - 1324, abr/jun 2020. <http://dx.doi.org/10.5380/ff.v50 i2. 62980>
- ESRI. Environmental Systems Research Institute. ArcGIS Desktop Web Help. 2018. Disponível em: <<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/>> Acesso em: 23 jul. 2021;

- Fick, S. E., Hijmans, R. J. (2017). *WorldClim 2: novas superfícies climáticas de resolução espacial de 1km para áreas terrestres globais. International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315, 2017.  
<https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Figueiredo, S. M. M., Venticinque, E. M., Figueiredo, E. O., Ferreira, E. J. L. (2015). Predição da distribuição de espécies florestais usando variáveis topográficas e de índice de vegetação no leste do Acre, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 45(2), 167 – 174, 2015;  
<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1038606/predicao-da-distribuicao-de-especies-florestais-usando-variaveis-topograficas-e-de-indice-de-vegetacao-no-leste-do-acre-brasil>
- Giannini, T. C., Siqueira, M. F., Acosta, A. L., Barreto, F. C., Saraiva, A. M., Santos, A. I. (2012). Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. *Rodriguésia*, v. 63(3), 733-749. 2012.  
<https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000300017>
- Gladson, W. A., Farnezi, M. M. M., Pereira, I. M., Machado, E. L. M., Silva, M. A. P. (2018). Modelagem de distribuição de candeia para Minas Gerais. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 15(28), 2018.  
<https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/430>
- Guerra, G. S. (2016). Avaliação do desempenho e adequação de diferentes metodologias aplicadas para a modelagem e inferência de emissão de gases do efeito estufa. Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada), Universidade Federal Rural de Pernambuco, 61.
- Guisan, A., Zimmermann, N. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 147-186, 2000.
- Mcpherson, J. M., Jetz, W. (2007). Type and spatial structure of distribution data and the perceived determinants of geographical gradients in ecology: the species richness of African birds. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 657-667, 2007.  
<https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00318.x>
- Medeiros, R. M., Silva, V. M. A., Melo, V. S., Menezes, H. E. A. (2016). Diagnóstico e tendência da precipitação pluvial em Bom Jesus - Piauí, Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11(3), 115-121, 2016.  
<http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i3.3992>
- Miranda, D. (2012). Modelos de distribuição de espécies de *Vellozia* (Velloziaceae) endêmicas da cadeia do espinhaço e o efeito amostral sobre os mapas preditivos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 94.
- Moura, C. C., Costa, T. R., Oliveira, P. A., Bueno, M. L., Machado, E. L. M. (2017). Modelo preditivo do potencial de distribuição geográfica da espécie *Richeria grandis* vahl. no estado de Minas Gerais e sua relação com as flutuações climáticas do Quaternário. *Enciclopédia Biosfera*, 14(25), 911- 923, 2017.  
<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/897>
- Oliveira, A. P. C., Bernard, E. (2017) The financial needs vs. the realities of in situ conservation: an analysis of federal funding for protected areas in Brazil's Caatinga. *Biotropica*, Washington, (49), 745–752, 2017.  
<https://doi.org/10.1111/btp.12456>
- Pearson, R. G., Stanton, J. C., Sapateiro, K. T., Aiello-Lammens, M., Erst, P. J., Horning, N., Fordham, D. A., Raxworthy, C. J., Ryu, H. Y., McNees, J., Akçakaya, H. R. (2014). Life history and spatial traits predict extinction risk due to climate change. *Nature Climate Change*, 4, 217–221, 2014.  
<https://doi.org/10.1038/nclimate2113>
- Pereira, J. Silva., Almeida, J. R. Biogeografia e Geomorfologia. In: Guerra, A. J. T. (orgs.) Geomorfologia e Meio Ambiente. Bertrand Brasil, v. 5, 394p. 2004;
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., Blair, M. E. (2017). Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*, 40(7), 887–893, 2017.  
<https://doi.org/10.1111/ecog.03049>
- Phillips, S. J., DUDIK, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175, 2008;  
<https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
- PHILLIPS, S. J., Anderson, R. P., Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 3-4, 231– 259, 2006.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- SILVA, D. P., Vilela, B., Marco JR, P., Nemésio, A. (2014). Using ecological niche models and niche analyses to understand speciation patterns: The Case of Sister Neotropical Orchid Bees. *PLoS ONE*, 9(11), 1-17, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113246>

- Silva, L. S., Moura, C. C., Vieira, D. S., Santos, T. R., Machado, E. L. M., Salomão, N. V. (2019). Distribuição espacial e estrutura populacional de *Parkia platycephala* Benth. *Nativa*, Sinop, 7(6), 739-747, nov./dez. 2019  
<https://doi.org/10.31413/nativa.v7i6.7556>
- Silveira, F. A. O., Negreiros, D., Barbosa, NPU., Buisson, E., Carmo, F. F., Carstensen, D. W., Conceição, A. A., Cornelissen, T. G., Echternacht, L., Fernandes, G. W. (2016). Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. *Plant and Soil*, 403, 129-152, 2016.  
<https://doi.org/10.1007/s11104-015-2637-8>
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M. (2013). Climate change 2013: the physical science basis – Contribution of working group I – 5th assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC Cambridge: University Press; 2013.  
[ipcc.ch/report/ar5/wg1/](http://ipcc.ch/report/ar5/wg1/)
- Thuiller, W. (2003). BIOMOD - optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Global Change Biology*, 9, 1353-1362, 2003.  
[10.1046/j.1365-2486.2003.00666.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00666.x)
- Velloziaceae* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB21378>>. Acesso em: 15 jul. 2022;
- Weber, M. M., Steven R. D., Diniz-Filho, J. A. F., Grelle, C. E. V. (2017). Is there a correlation between abundance and environmental suitability derived from ecological niche modelling? A metaanalysis. *Ecography*, 40(7), 817–828, 2017. [10.1111/ecog.02125](https://doi.org/10.1111/ecog.02125)
- WORLDCLIM. *Global climate data: free climate data for ecological modeling and GIS* [online]. 2017 [cited 2021 Apr 10]. Available from: <http://www.worldclim.org/>.
- YANG, X., Kushwaha, S. P. S., Saran, S., Xu, J., Roy, P. S. (2013). Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. *Ecological Engineering*, 51, 83-87, 2013.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.004>