

# Impacto da mineração do carvão nos padrões climáticos locais e na vida da comunidade local em Moatize, Moçambique

Impact of coal mining on local climate pattern changes and the life of the local community in Moatize, Mozambique

Geraldo Félix Pita Duarte <sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Associação Agrovida, Moatize, TETE - Moçambique

\* Correspondência para: [geraldoflx@gmail.com](mailto:geraldoflx@gmail.com)

**Resumo:** O objectivo deste estudo foi avaliar o impacto da mineração de carvão na mudança dos padrões climáticos e na vida da comunidade local em Moatize, Moçambique. A metodologia utilizada incluiu a análise de dados climáticos de dois períodos distintos e a aplicação de um inquérito à população local. Os resultados mostraram que houve uma redução na tendência de aumento dos dias secos e uma tendência de diminuição dos dias consecutivos húmidos, enquanto a precipitação total anual e a temperatura máxima e mínima apresentaram tendências de aumento. A comunidade local percebeu essas mudanças e atribuiu principalmente à mineração de carvão. Além disso, os efeitos dessas mudanças incluem a redução da produção agrícola, problemas de acesso à água potável e o aumento dos casos de doenças relacionadas ao clima. Em suma, é necessário adotar medidas para mitigar os efeitos da mineração na mudança climática e na qualidade de vida da comunidade local, como a adopção de tecnologias mais limpas na mineração e o desenvolvimento de programas de apoio aos agricultores afectados.

**Palavras-chave:** Mineração de carvão, Mudança climática, Comunidade local.

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the impact of coal mining on climate pattern changes and the life of the local community in Moatize, Mozambique. The methodology used included the analysis of climate data from two different periods and the application of a survey to the local population. The results showed a reduction in the trend of increasing dry days and a decreasing trend of consecutive humid days, while total annual precipitation and maximum and minimum temperatures showed increasing trends. The local community perceived these changes and mainly attributed them to coal mining. Furthermore, the effects of these changes include reduced agricultural production, problems accessing potable water, and increased cases of climate-related diseases. In conclusion, it is necessary to adopt measures to mitigate the effects of mining on climate change and the quality of life of the local community, such as the adoption of cleaner technologies in mining and the development of support programs for affected farmers.

**keywords:** Coal mining, Climate change, Local community.

# 1 Introdução

A mineração de carvão é uma actividade industrial amplamente praticada em várias partes do mundo, com o objectivo de suprir a demanda global por energia. No entanto, essa actividade também pode ter consequências significativas para o meio-ambiente e as comunidades locais, incluindo mudanças nos padrões climáticos e impactos na saúde pública. Na região de Moatize, em Moçambique, a mineração de carvão tem sido uma actividade crescente, suscitando preocupações sobre seus efeitos na climatologia local e na qualidade do ar.

Estudos anteriores têm investigado os impactos da mineração de carvão na qualidade do ar, da água e no deslocamento de comunidades na região de Moatize [1, 2]. No entanto, pouca atenção tem sido dada à relação entre a mineração de carvão e os padrões climáticos locais. Compreender como a mineração de carvão pode afectar os padrões climáticos locais é de extrema importância para uma análise abrangente dos impactos dessa actividade na região.

Neste contexto, este artigo tem como objectivo investigar o impacto da mineração de carvão na região de Moatize sobre os padrões climáticos locais, com enfoque especial na quantidade da chuva e as temperaturas mínimas e máximas. As hipóteses deste estudo são que a mineração de carvão na região de Moatize está associada a mudanças nos padrões climáticos locais, como a diminuição da quantidade de chuva e o aumento das temperaturas mínimas e máximas. Serão analisados os principais impactos ambientais e sociais da mineração de carvão na região, bem como serão investigadas as percepções das comunidades locais sobre o impacto da mineração de carvão nos padrões climáticos e na saúde pública. Essa abordagem integrada visa fornecer uma compreensão holística dos efeitos da mineração de carvão na região de Moatize, contribuindo para a tomada de decisões informadas e sustentáveis em relação a essa actividade.

## 2 Material e Métodos

### 2.1 Área de estudo

Moatize é um distrito da província de Tete em Moçambique, com sede na cidade de Moatize. O distrito de Moatize situa-se a Noroeste da cidade capital provincial, entre os paralelos 15° 37' e 16° 38' de latitude Sul e entre os meridianos 33° 22' e 34° 28' de longitude Este. É limitado, a Norte pelos distritos de Chiúta e Tsangano; a Este, pela República do Malawi; a Sul, pelos distritos de Changara e Cahora Bassa; e a Oeste, pelo distrito de Marávia [3].

O clima em Moatize é tropical com uma estação chuvosa e uma estação seca. A temperatura média anual é de 25,5 °C e a precipitação média anual é de 1.100 mm [3].

### 2.2 Análise de tendências climatológicas

Para investigar as mudanças nos padrões climáticos na região de Moatize, foi utilizado dados de série climatológica dos últimos trinta anos (1990 – 2020) que foram obtidos a partir dos registos meteorológicos da NASA através do modelo MERRA-2 (reanálise).

## 2.3 Pacote RClimdex

Para o cálculo dos Índices Extremos Climáticos foi usado o pacote RClimdex.pcic em que contempla 27 índices de mudanças climáticas da ETCCDI (Equipe de Especialistas em Detecção e Indicadores de Mudança Climática) de forma eficiente em R, onde este fornece dados estatísticos, tais como: tendência linear calculada pelo método de mínimos quadrados; nível de significância estatística da tendência (valor  $p$ ) assim como, os gráficos das séries anuais.

**Tabela 1.** Lista de índices ETCCDMI relevantes utilizados neste estudo.

Índices	Nomes	Definição	Unidades
Índices de precipitação			
<b>CDD</b>	Dias consecutivos secos	Número máximo de dias consecutivos com ( $RR < 1$ mm)	dias
<b>CWD</b>	Dias consecutivos húmidos	Número máximo de dias consecutivos com ( $RR < 1$ mm)	dias
<b>Preptot</b>	Precipitação total anual em dias húmidos	Precipitação total anual em dia chuvoso ( $RR > 1$ mm)	mm
<b>Rx5day</b>	Máximo de 5 dias de chuva	Máximo de 5 dias de chuva	mm
Índices de temperatura			
<b>DTR</b>	Amplitude térmica diária	Média mensal da diferença entre $T_{máx}$ e $T_{mín}$	°C
<b><math>T_{máx}</math></b>	Valor mínimo da temperatura mínima diária	Valor mínimo mensal da temperatura mínima diária	°C
<b><math>T_{mín}</math></b>	Valor Máximo da temperatura máxima diária	Valor máximo mensal da temperatura máxima diária	°C

**Fonte:** [4]. \*RR – indica a precipitação diária

Foram consideradas como possíveis tendências climáticas os índices que apresentaram tendência linear (positiva ou negativa) estatisticamente significativa (valor  $p < 0,05$ ), obtidos pelo teste “ $t$ ” Student, gerado pelo software R.

## 2.4 Impacto da Mineração do Carvão nos Padrões Climáticos Locais

Foi realizado um inquérito com 70 agregado familiar para avaliar o nível de percepção das comunidades locais sobre o impacto da mineração do carvão nos padrões climáticos e na agricultura. O universo considerado foi de 58.368 agregados familiares, com uma margem de erro de 10% devido a população finita. As entrevistas foram conduzidas com pequenos produtores e autoridades locais na cidade de Moatize e no povoado de Cateme, durante os meses de Março e Abril de 2023.

### 3 Resultados e discussão

#### 3.1 Impacto da extracção mineira nos padrões climáticos da região de Moatize

Os resultados obtidos a partir dos modelos MERRA-2 e RCLIMDEX revelam evidências estatísticas de mudanças significativas nos padrões climáticos locais na região de Moatize, relacionada a actividades de extracção de carvão. Os valores  $p$  dos índices analisados foram encontrados próximos a zero tanto no período anterior como posterior a actividade de extracção do carvão mineral, indicando uma baixa probabilidade de obter resultados semelhantes ou mais extremos, assumindo-se que não há efeito da actividade de extracção do carvão.

**Tabela 2.** Tendências dos extremos climáticos antes do início da extracção mineira (2001-2010).

Índices	Início	Fim	Tendência anual	Média	Valor- $p$
Índices de precipitação					
CDD	1990	2010	2,93	70,90	0,00
CWD	1990	2010	-1,56	32,80	0,00
Prcptot	1990	2010	7,05	778,08	0,00
Rx5day	1990	2010	5,18	98,20	0,00
Índices de temperatura					
DTR	1990	2010	-0,058	12,73	0,00
Tmáx	1990	2010	0,018	43,22	0,00
Tmin	1990	2010	0,001	11,14	0,00

**Fonte:** Elaboração do Autor, resultado de pesquisa

**Tabela 3.** Tendências dos extremos climáticos depois do início da extracção mineira (2011-2020).

Índices	Início	Fim	Tendência anual	Média	Valor- $p$
Índices de precipitação					
CDD	2011	2020	0,59	60,10	0,00
CWD	2011	2020	-2,25	28,80	0,00
Prcptot	2011	2020	17,89	864,16	0,00
Rx5day	2011	2020	4,95	127,99	0,00
Índices de temperatura					
DTR	2011	2020	-0,052	12,47	0,00
Tmáx	2011	2020	0,017	44,55	0,00
Tmin	2011	2020	0,14	11,26	0,00

**Fonte:** Elaboração do Autor, resultado de pesquisa

Os resultados dos índices analisados, juntamente com os valores  $p$  associados a eles, sugerem possíveis alterações nos seguintes aspectos:

### **3.1.1 Índices de precipitação**

#### **3.1.1.1 CDD (dias consecutivos seco)**

Foi observada uma redução da tendência de aumento dos dias secos, onde no período posterior a tendência de aumento situou-se em 0,59 dias/ano com uma média de 60,10 dias por ano, em comparação com 2,927 dias/ano no período anterior, que tinha uma média de 70,90 dias por ano.

#### **3.1.1.2 CWD (Dias consecutivos húmidos)**

Foi observada uma tendência de diminuição de -2,254 dias/ano no período posterior à actividade de extracção, com uma média de 28,80 dias por ano, em comparação com -1,56 dias/ano no período anterior, que tinha uma média de 32,80 dias por ano.

#### **3.1.1.3 PRCPTOT (precipitação total anual)**

Foi observada uma tendência de aumento de 17,89 mm/ano no período posterior à actividade de extracção, com uma média de 864,16 mm por ano, em comparação com 7,053 mm/ano no período anterior, que tinha uma média de 778,08 mm por ano.

#### **3.1.1.4 Rx5day (Precipitação Máxima em 5 Dias Consecutivos)**

Foi observada uma tendência de diminuição de 4,948 dias/ano no período posterior à actividade de extracção, com uma média de 127,99 dias por ano, em comparação com 5,180 dias/ano no período anterior, que tinha uma média de 98,20 dias por ano.

Esses resultados podem ter vários impactos na vida da comunidade local, um aumento na precipitação total pode beneficiar a agricultura, melhorando a disponibilidade de água para as plantas e aumentando a produtividade. Por outro lado, uma redução na precipitação máxima em períodos de 5 dias pode ajudar a reduzir o risco de enchentes e deslizamentos de terra, o que pode ser benéfico para a segurança da população.

No entanto, a diminuição da tendência de dias consecutivos húmidos pode ter impactos negativos na agricultura, especialmente se houver uma dependência significativa da irrigação. Além disso, a redução da tendência de dias consecutivos secos pode ter implicações para actividades que requerem períodos prolongados sem chuva, como a construção de estradas ou a colheita de culturas.

Cabe ressaltar que esses resultados são importantes para a compreensão dos impactos da actividade de extracção mineral sobre o clima e o meio ambiente, e podem fornecer informações relevantes para a tomada de decisões e a formulação de políticas públicas que busquem minimizar esses impactos.

### **3.1.2 Índices de temperatura**

#### **3.1.2.1 Tmáx (Temperatura Máxima)**

Foi observada uma tendência de aumento de 0,017°C/ano no período posterior à actividade de extracção, com uma média de 44,55°C, em comparação com -0,018°C/ano no período anterior, que tinha uma média de 43,22°C.

### 3.1.2.2 *Tmin (Temperatura Mínima)*

Foi observada uma tendência de aumento de  $0,147^{\circ}\text{C}/\text{ano}$  no período posterior à actividade de extracção, com uma média de  $11,26^{\circ}\text{C}$ , em comparação com  $0,001^{\circ}\text{C}/\text{ano}$  no período anterior, que tinha uma média de  $11,14^{\circ}\text{C}$ .

### 3.1.2.3 *DTR (Variação Diária de Temperatura)*

Foi observada uma tendência de diminuição de  $-0,052^{\circ}\text{C}/\text{ano}$  no período posterior à actividade de extracção, com uma média de  $12,47^{\circ}\text{C}$ , em comparação com  $-0,058^{\circ}\text{C}/\text{ano}$  no período anterior, que tinha uma média de  $12,73^{\circ}\text{C}$ .

As mudanças nos índices de temperatura podem ter diversos impactos na vida da comunidade local:

**Saúde:** Temperaturas mais altas podem aumentar o risco de doenças relacionadas ao calor, como insolação, desidratação e outras doenças crónicas. Também pode aumentar a proliferação de insectos transmissores de doenças, como mosquitos, aumentando o risco de doenças como malária, dengue.

**Agricultura:** Mudanças na temperatura podem afectar o crescimento e desenvolvimento das plantas e culturas, levando a menor produtividade, menor qualidade dos alimentos e menor disponibilidade de alimentos.

**Meio ambiente:** Temperaturas mais altas podem levar a mudanças no ecossistema local, incluindo mudanças na vegetação, diminuição da biodiversidade e impactos nos animais e na fauna local.

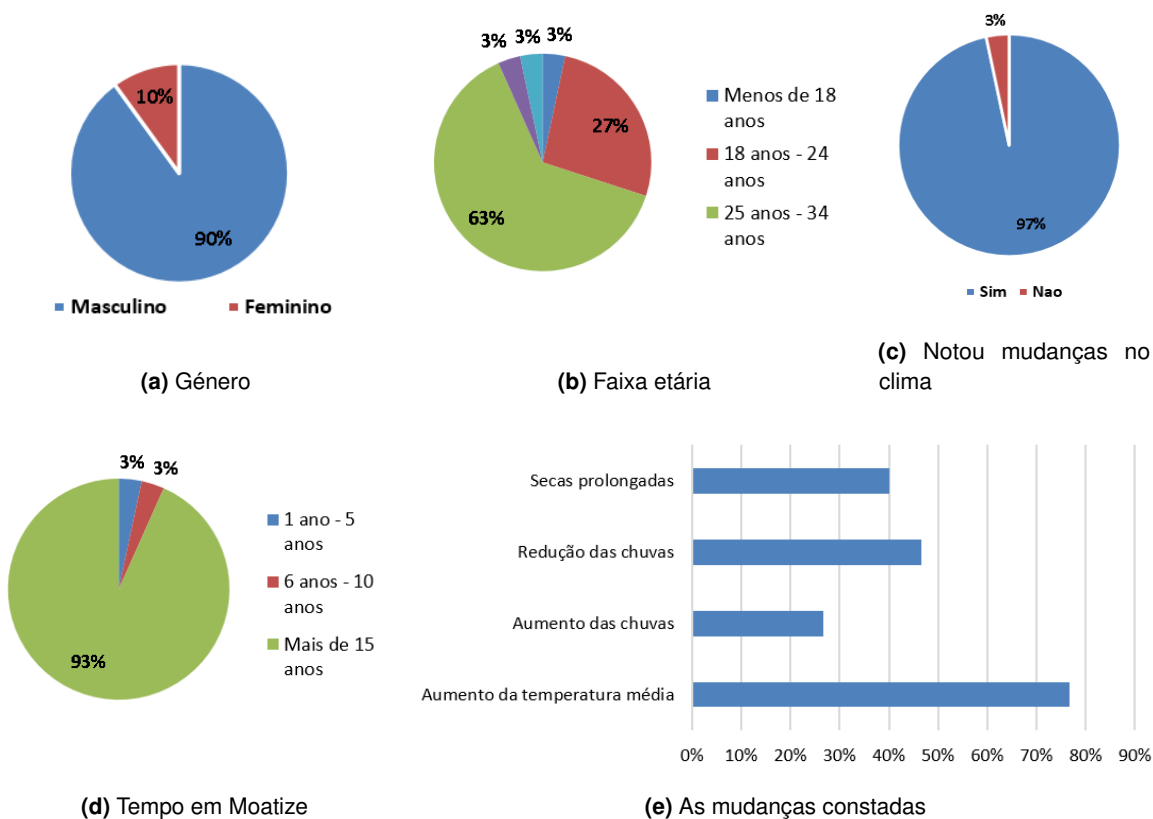
**Recursos naturais:** Mudanças na temperatura também podem afectar os recursos naturais locais, como a disponibilidade de água doce, levando a menor disponibilidade de água potável e impactando o uso de recursos hídricos para agricultura e outros fins.

Em geral, as mudanças na temperatura podem ter impactos significativos na saúde, na economia e na qualidade de vida da comunidade local. É importante considerar esses impactos ao avaliar as mudanças climáticas e suas consequências para a região.

## 3.2 Impacto da mineração nas tendências locais do clima segundo a percepção da comunidade local

Com base nos dados do inquérito, a maioria dos respondentes são homens (figura 1a) com idades entre 25 e 34 anos (figura 1b), e a maioria vive na região de Moatize há mais de 15 anos (figura 1c). Quase todos os participantes (97%) notaram mudanças nos padrões climáticos na região (figura 1d), com o aumento da temperatura média (77%), a redução das chuvas (47%) e as secas prolongadas (40%) sendo as mudanças mais comumente observadas (figura 1e).

**Figura 1.** Ilustração gráfica dos dados do inquérito relacionada a seguintes questões: género? Faixa etária? Há quanto tempo os entrevistados vive na região de Moatize? Você já notou alguma mudança nos padrões climáticos da região de Moatize nos últimos anos? Se você respondeu "sim" na pergunta anterior, quais foram as mudanças que você notou? (Você pode seleccionar mais de uma opção)?



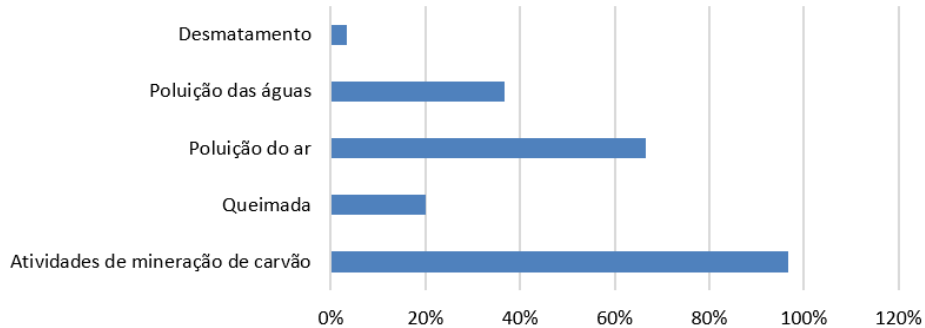
**Fonte:** Elaboração do Autor, resultado de pesquisa

O observador do meio rural [2], estudando os impactos da mineração na agricultura com base na percepção dos camponeses no distrito de Moatize, destaca que do total dos agregados familiares inquiridos, cerca de 1/3 verificou uma redução na produção e na qualidade dos produtos agrícolas. Esta redução é justificada dentre vários factores a secas e/ou falta de água entre outros. O que coincide com a percepção tida nesse trabalho.

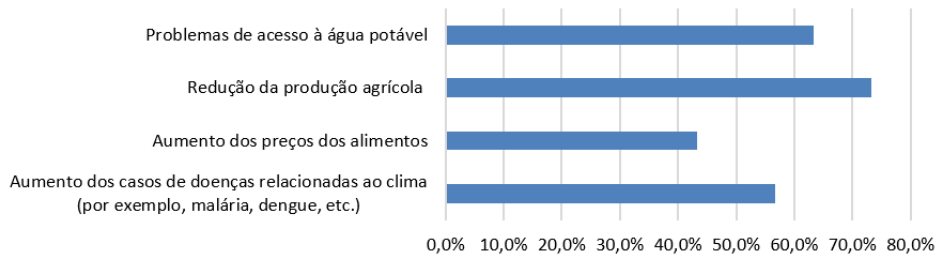
De acordo com os respondentes, as actividades de mineração de carvão (97%) são a principal causa dessas mudanças nos padrões climáticos, seguidas pela poluição do ar (67%) e da poluição das águas (37%) (figura 2a). Os efeitos dessas mudanças na vida dos entrevistados incluem a redução da produção agrícola (73,3%), problemas de acesso à água potável (63,3%) e o aumento dos casos de doenças relacionadas ao clima, como malária e dengue (56,7%) (figura 2b). Além disso, 43,3% dos entrevistados relataram um aumento nos preços dos alimentos.

Por fim, a maioria dos entrevistados (97%) não acredita que o governo ou outras instituições estejam fazendo o suficiente para lidar com as mudanças climáticas na região de Moatize (figura 3).

**Figura 2.** Ilustração gráfica dos dados do inquérito relacionada a seguintes questões: Na sua opinião, quais são as causas dessas mudanças nos padrões climáticos da região de Moatize? (Você pode seleccionar mais de uma opção), Como essas mudanças nos padrões climáticos afectam a sua vida na região de Moatize? (Você pode seleccionar mais de uma opção).



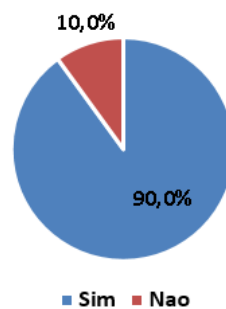
**(a) Causas das mudanças constatadas**



**(b) Consequências das mudanças do clima**

**Fonte:** Elaboração do Autor, resultado de pesquisa

**Figura 3.** Ilustração gráfica dos dados do inquérito relacionada a seguintes questões: Você acha que o governo ou outras instituições estão fazendo o suficiente para lidar com as mudanças climáticas na região de Moatize?



Governo ou outras instituições estão fazendo o suficiente para lidar com as mudanças climáticas

**Fonte:** Elaboração do Autor, resultado de pesquisa

As comunidades locais sugeriram uma variedade de acções para lidar com as mudanças climáticas na região de Moatize. Algumas das sugestões mais comuns incluem: manter os combustíveis fósseis no solo, reduzir as emissões de metano, mudar para energia renovável,



plantar mais árvores, melhorar a gestão e monitoramento de danos ambientais, diminuir o período de actividade de mineração, usar menos explosivos na mineração, reassentar a população, sensibilizar o governo para controlar as empresas mineradoras, reduzir a entrada das empresas exploradoras de recursos naturais, e investir em programas de reflorestamento. Outras sugestões incluem disponibilizar água potável para toda a população, investir em agricultura mecanizada não dependente das chuvas e melhorar o uso dos recursos hídricos locais.

## 4 Conclusão

Com base nos dados apresentados, fica evidente que a actividade de mineração de carvão em Moatize tem impactado significativamente as tendências climáticas locais. As mudanças observadas pelos entrevistados incluem o aumento da temperatura média, a redução das chuvas e as secas prolongadas, o que, por sua vez, tem causado problemas sérios para a comunidade local, como a redução da produção agrícola, problemas de acesso à água potável, aumento de doenças relacionadas ao clima, entre outros.

Além disso, os dados mostram que a maioria dos entrevistados não acredita que o governo ou outras instituições estejam fazendo o suficiente para lidar com as mudanças climáticas na região de Moatize. Isso destaca a necessidade urgente de acções efectivas para lidar com esses problemas, como a implementação de medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a fim de minimizar os impactos negativos na comunidade local.

Para enfrentar esses desafios, sugere-se que as empresas de mineração em Moatize trabalhem em estreita colaboração com a comunidade e com as autoridades governamentais para implementar práticas sustentáveis de mineração e minimizar o impacto ambiental da actividade. Além disso, é relevante que o governo e outras organizações trabalhem juntos para elaborar planos de adaptação e mitigação das mudanças climáticas, que incluam acções como o desenvolvimento de infra-estrutura resiliente ao clima, a promoção de práticas agrícolas sustentáveis e a implementação de sistemas de alerta precoce para eventos climáticos extremos.

É essencial que as empresas de mineração, o governo e a comunidade local trabalhem juntos para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas em Moatize. Somente por meio da colaboração e da implementação de medidas sustentáveis é possível garantir um futuro saudável e próspero para a região e seus habitantes.

## ORCID

Geraldo Félix Pita Duarte  <https://orcid.org/0009-0002-3419-1864>

## Referências

1. A. E. Macie, “Mineração de carvão na bacia carbonífera de Moatize, província de Tete-Noroeste de Moçambique: uma análise socioambiental”. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 2015. <https://doi.org/10.11606/d.44.2015.tde-03112015-141000>
2. OBSERVATÓRIO DO MEIO RURAL (OMR). “Impacto da mineração do carvão na agricultura, com base na percepção dos camponeses no distrito de Moatize”. Mélica Chandamela in: *Destaque rural N° 203*. 2023.

3. Ministério da Administração Estatal (MAE). “[Perfil Distrital de 2005: distrito de Moatize](#)”. *Direcção Nacional da Administração Local*. 2005.
4. ZHANG, X.; YANG, F. [RCLIMDEX \(1.0\) user guide](#). Downs view, ON: Climate Research Branch Environment Canada, 2004.

**Nota dos Editores:** As declarações, opiniões e dados contidos em todas as publicações são de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es) e colaborador(es) e não das [Edições UESB](#) e/ou do(s) editor(es). As Edições UESB e/ou o(s) editor(es) se isentam de responsabilidade por qualquer dano a pessoas ou bens resultante de quaisquer ideias, métodos, instruções ou produtos referidos no conteúdo.