

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo desta tese será
disponibilizado somente a partir
de 07/02/2024.



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

**CONTRIBUIÇÃO DE PROCESSOS ENDÓGENOS E EXÓGENOS
PARA A DENUDAÇÃO CENOZOICA E A EVOLUÇÃO DO RELEVO
NA PORÇÃO OESTE DO DOMO DE ANGOLA: APLICAÇÃO DA
TERMOCRONOLOGIA MULTIMÉTODO**

Bruno Venancio da Silva

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

Rio Claro/SP - 2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

Bruno Venancio da Silva

Contribuição de processos endógenos e exógenos para a
denudação cenozoica e a evolução do relevo na porção oeste
do Domo de Angola: aplicação da termocronologia multimétodo

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto
de Geociências e Ciências Exatas do
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Doutor em Geociências e Meio
Ambiente.

Orientador: George Luiz Luvizotto

Rio Claro - SP

2022

S586c Silva, Bruno Venancio da
Contribuição de processos endógenos e exógenos para a
denudação cenozoica e a evolução do relevo na porção oeste
do Domo de Angola: aplicação da termocronologia multimétodo
/ Bruno Venancio da Silva. -- Rio Claro, 2022
124 f. : il., tabs., fotos, mapas, 8 v.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: George Luiz Luvizotto

1. Geociências. 2. Geotectônica. 3. Geomorfologia. 4.
Termocronologia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Bruno Venancio da Silva

Contribuição de processos endógenos e exógenos para a
denudação cenozoica e a evolução do relevo na porção oeste
do Domo de Angola: aplicação da termocronologia multimétodo

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto
de Geociências e Ciências Exatas do
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Doutor em Geociências e Meio
Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. GEORGE LUIZ LUVIZOTTO
IGCE / UNESP/Rio Claro (SP)

Dr. DANIEL FRANÇOSO DE GODOY
IGCE / UNESP/Rio Claro (SP)

Dr. SILVIO TAKASHI HIRUMA
Instituto de Pesquisas Ambientais / SIMA/São Paulo (SP)

Dr. JOSÉ PAULO DONATTI FILHO
Pesquisador Colaborador / UNICAMP/Campinas (SP)

Dr. JOÃO MARINHO DE MORAIS NETO
E&P / Petrobras/Rio de Janeiro (RJ)

Conceito: Aprovado.

Rio Claro/SP, 07 de fevereiro de 2022.

Dedico esta Tese aos meus pais Paulo e Rosangela, à minha noiva Jéssica, à minha filha Manuela e à memória de Peter Christian Hackspacher

AGRADECIMENTOS

À minha família, que sempre esteve presente e me apoiou durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao professor e amigo Peter Christian Hackspacher, que me orientou durante a maior parte do trabalho e me ensinou a sempre buscar pela ciência de qualidade.

Ao amigo Daniel Françoso de Godoy, que rotinizou o método por traços de fissão em zircão por microsonda eletrônica no Departamento de Geologia da UNESP, possibilitando a realização de uma parte importante da pesquisa.

Aos colegas Daniel Henrique de Souza, Alessandra Petruz, Marli Carina Siqueira Ribeiro, Regiane Fumes, Marly Aparecida e Cibele Montibeller pelo auxílio e supervisão durante as atividades de laboratório ou de tratamento dos dados.

Aos parceiros em Angola, professor Antônio Olímpio Gonçalves, Tinta Manuel Vunda e João Gaspar Correia, por todo o suporte durante a etapa de campo.

Ao professor e colega George Luiz Luvizotto, que possibilitou o desenvolvimento da pesquisa junto ao laboratório de microsonda eletrônica do Departamento de Geologia e aceitou me orientar na reta final do trabalho.

Aos professores e colegas Guillermo Navarro, Antenor Zanardo e Vania Rosolen, pelas discussões construtivas que me auxiliaram na caracterização e interpretação das amostras de rocha.

Ao professor Didier Gastmans, que enquanto presidente do conselho do programa de pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente, esteve sempre aberto ao diálogo após o meu religamento no programa.

À Sociedade Mineira de Catoca LDA pela disponibilização de alojamento, transporte e materiais durante a etapa de campo da pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Também foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, processo 140361/2019-7.

A theory is nothing but the generalization of particular facts; and, in a theory of the earth, those facts must be taken from the observations of natural history. (HUTTON, 1795, p. 297)

Resumo

Para entender a origem de parte do relevo relacionado ao Domo de Angola, África, as histórias de denudação de *long-term* da Escarpa de Chela (porção sudoeste do Domo) e do Planalto Antigo (porção noroeste do Domo) foram obtidas através dos métodos por traços de fissão e (U-Th-Sm)/He em apatita. Uma possível contribuição do manto terrestre para a evolução de *long-term* da paisagem foi testada a partir da datação de kimberlitos, localizados na região da cabeceira do rio Longa (porção noroeste do Domo), utilizando-se o método por traços de fissão em zircão via microsonda eletrônica. Os resultados sugerem que a maior parte do relevo de ambas as regiões tem se desenvolvido durante a segunda metade do Cenozoico, assim como processos no manto profundo parecem ter impulsionado os eventos de soerguimento e denudação continentais associados à formação da Zona Costeira, do *Great Escarpment* e do Planalto Antigo em Angola, feições estas também típicas da paisagem da África meridional.

Palavras-chave: Topografia da África. Soerguimento dinâmico. Relevo de Angola. Termocronologia. Kimberlito cenozoico. Escudo Angolano. Região do Longa.

Abstract

To understand the origin of part of the relief related to the Angola Dome, Africa, the *long-term* denudation history of the Chela Escarpment (southwestern portion of the Dome) and the Ancient plateau (northwestern portion of the Dome), were accessed by means of apatite fission-track and (U-Th-Sm)/He methods. A possible contribution of the Earth's mantle to the long-term evolution of the landscape, was tested from the dating of kimberlites localized in the region of the Longa river headwater (northwestern portion of the Dome), by using the electron microprobe zircon fission-track method. The results suggest that most of the relief of both regions has developed since Late Cenozoic times, as well as deep mantle processes appear to account for the uplift and denudation events associated to the formation of the Coastal Zone, the Great Escarpment, and the Ancient Plateau in Angola, features that are also typical of the southern African landscape.

Keywords: Africa topography. Dynamic uplift. Relief of Angola. Thermochronology. Cenozoic kimberlite. Angolan Shield. Longa region.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	11
1.1 A topografia da África meridional	11
1.2 O Domo de Angola	15
1.3 Problema, Hipóteses e Objetivos	16
1.4 Estrutura da Tese	18
Referências.....	19
CAPÍTULO 2 - THE CHELA ESCARPMENT AS THE RESULT OF THE DISSECTION AT THE ANGOLA DOME FLANK, SOUTHWESTERN MARGIN OF AFRICA: INSIGHTS FROM THERMOCHRONOLOGY AND DRAINAGE NETWORK MORPHOMETRY	24
1 INTRODUCTION.....	24
2 GEOLOGIC AND GEOMORPHIC SETTING	27
3 SAMPLING AND METHODS.....	30
3.1 Apatite (U-Th-Sm)/He Analysis.....	30
3.2 Inverse Thermal History Modelling	31
3.3 Morphometric Analysis of River Profiles	32
4 RESULTS AND DISCUSSION.....	34
4.1 Assessment of the Apatite (U-Th-Sm)/He Ages	34
4.2 Thermal History and Denudation of the Chela Escarpment	38
4.3 Morphometry of the Drainage Network.....	40
4.4 Mechanisms for the Cenozoic Uplift and Denudation	42
4.5 The Proposed Model for the Chela Escarpment Formation	46
5 CONCLUSIONS.....	48
References	49
CAPÍTULO 3 - THERMAL HISTORIES OF BASEMENT ROCKS FROM THE NORTHWESTERN ANGOLAN SHIELD, CONGO CRATON: CONSTRAINTS FROM APATITE (U-TH-SM)/HE THERMOCHRONOLOGY	58
1 INTRODUCTION.....	58
2 REGIONAL SETTING.....	60
2.1 Geology.....	60

2.2 Geomorphology	62
3 APATITE (U-TH-SM)/HE DATA.....	62
4 THERMAL HISTORIES FROM THE NORTHWESTERN ANGOLAN SHIELD	69
4.1 Thermal Modelling Strategy	69
4.2 Thermal History Constraints and Results	70
5 CONTRIBUTIONS TO DENUDATION HISTORY OF THE NORTHWESTERN ANGOLAN SHIELD: GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL IMPLICATIONS	72
5.1 Cambrian - Carboniferous Basement Burial	72
5.2 Carboniferous - Permian Basement Denudation	73
5.3 Late Cretaceous - Paleocene Basement Denudation	74
5.4 Late Cenozoic Differential Denudation between the Coastal Zone and the Ancient Plateau	76
References	79

CAPÍTULO 4 - ZIRCON FISSION-TRACK AGES OF KIMBERLITES RECORD NEOPROTEROZOIC AND PALEOGENE THERMAL REACTIVATIONS IN THE ANGOLAN SHIELD, CONGO CRATON	85
1 INTRODUCTION.....	85
2 GEOLOGICAL SETTING.....	86
2.1 Kimberlites from the Longa Headwaters	89
3 SAMPLES AND METHODS	90
3.1 Petrography.....	91
3.2 Zircon Fission-Track Dating	91
<i>3.2.1 Background</i>	<i>91</i>
<i>3.2.2 Closure temperature of the zircon fission-track system</i>	<i>92</i>
<i>3.2.3 Analysis.....</i>	<i>92</i>
4 RESULTS	94
4.1 Petrography	94
<i>4.1.1 Tchiandongo kimberlite</i>	<i>94</i>
<i>4.1.2 QTB-20 kimberlite</i>	<i>97</i>
4.2 Electron Microprobe Zircon Fission-Track Data	98
<i>4.2.1 Z factor and Fish Canyon Tuff age standard</i>	<i>98</i>
<i>4.2.2 Tchiandongo kimberlite</i>	<i>98</i>

4.2.3 QTB-20 kimberlite	101
4.2.4 K-3 kimberlite	103
5 DISCUSSION.....	106
5.1 Heat Duration and Emplacement Temperatures of the VK Samples	106
5.2 Meaning of the Electron Microprobe Zircon Fission-Track Ages	107
5.2.1 Neoproterozoic zircon EP-FT ages.....	107
5.2.2 Paleogene zircon EP-FT ages.....	109
5.3 Tectonic and Geomorphological Implications	110
6 CONCLUSION	112
References	114
 CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES DA TESE.....	 120
Referências.....	123

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 A topografia da África meridional

A África meridional apresenta uma das paisagens mais enigmáticas do mundo, caracterizada principalmente por um planalto interior elevado (acima de 1000 m) e de relevo predominantemente baixo, limitado por um escarpamento íngreme em quase todo o seu perímetro (*Great Escarpment*), o qual o separa da região costeira circundante (FLOWERS; SCHOENE, 2010; KING, 1956; MOORE; BLENKINSOP; COTTERILL, 2009; STANLEY; FLOWERS; BELL, 2015) (Fig. 1a). O interior deste planalto é dominado por uma extensa *etchplain*, conhecida como a superfície de aplainamento africana (BURKE; GUNNELL, 2008; KING, 1976; PARTRIDGE; MAUD, 1987), a qual se caracteriza por apresentar deflexões de escala continental (acima de 1000 km de diâmetro), configurando extensos domos e bacias (AL-HAJRI; WHITE; FISHWICK, 2009; HOLMES, 1944).

Apesar de mais de 100 anos de pesquisa, existe pouco consenso entre os pesquisadores a respeito dos mecanismos formadores e da idade desta topografia. De um ponto de vista geotectônico, três grandes “motores”, capazes de explicar amplas deflexões na superfície terrestre, têm sido requeridos:

- Fluxo vertical e viscoso do manto devido à incidência de plumas mantélicas e/ou a convexões profundas;
- Processos no manto litosférico, subjacentes ao continente;
- Esforços tectônicos de longa distância, relacionados a fluxos laterais do manto e a movimentações laterais das placas tectônicas.

A ideia de que processos mantélicos, subjacentes ao continente, tem sido os motores para a topografia (BUNGE; GLASMACHER, 2018) surge a partir de características geomorfológicas, tais como a existência de amplos domos na superfície, de contornos quase circulares e que apresentam sistema de drenagem radial (HOLMES, 1944).

A influência do manto é reforçada a partir da caracterização da *Superswell* africana, que consiste em uma região de topografia e batimetria anômalas que se estende desde o planalto do leste africano até a porção sudeste do oceano Atlântico Sul (NYBLADE; ROBINSON, 1994), aliada à existência de uma ampla zona de baixa-velocidade sísmica na transição entre o núcleo e o manto terrestre (*large low*

shear velocity province - LLSVP) (GURNIS et al., 2000; LITHGOW-BERTELLONI; SILVER, 1998; RITSEMA; VAN HEIJST; WOODHOUSE, 1999). Neste mesmo contexto, diversos trabalhos têm levantado evidências geoquímicas e geofísicas de que a região foi afetada pela incidência de plumas mantélicas (EBINGER; SLEEP, 1998; GIULIANI et al., 2017). Entretanto, em várias partes da África meridional, não existem evidências suficientes suportando uma possível conexão entre a LLSVP e a superfície terrestre, de forma que a sua influência direta na topografia ainda é especulativa. Neste sentido, alguns trabalhos têm combinado evidências geoquímicas e geofísicas para propor processos ocorridos no manto raso (não ligados à incidência de plumas), como pequenas variações nas temperaturas da astenosfera associadas ao afinamento/erosão da litosfera (KLÖCKING et al., 2020).

Em contrapartida, dados estruturais e geomorfológicos ao longo da margem e do interior da África meridional indicam a formação de arqueamentos crustais causados por esforços compressivos laterais. A formação destas estruturas tem sido atribuída a eventos tectônicos globais, tais como mudanças nas velocidades e nos polo de rotação de placas litosféricas (COLLI et al., 2014; GUIRAUD; BOSWORTH, 1997; MOORE; BLENKINSOP; COTTERILL, 2009). Alguns autores propõem que margens continentais elevadas, ou seja, aquelas caracterizadas pela ocorrência de um escarpamento costeiro (GREEN et al., 2018; JAPSEN et al., 2012), são formadas a partir destes arqueamentos crustais (JAPSEN et al., 2012; MOORE; BLENKINSOP; COTTERILL, 2009). Deste modo, existem evidências suportando cada um dos três grandes mecanismos mencionados acima, de forma que a topografia da África meridional parece ser o resultado da combinação de cada um deles.

Com relação à idade da topografia, duas correntes de pensamento principais advogam a seguinte cronologia:

- Idade Mesozoica, desenvolvida entre ~ 150 e 80 Ma;
- Idade Cenozoica, formada a partir de ~ 40 ou 30 Ma.

Dados regionais de termocronologia indicam que os maiores pulsos de denudação/erosão continental ocorreram no Mesozoico, nos intervalos entre ~ 150 e 120 Ma e entre ~ 90 e 70 Ma (BICCA et al., 2019; BROWN et al., 2014, 1990; BROWN; SUMMERFIELD; GLEADOW, 2002; COCKBURN et al., 2000; FLOWERS; SCHOENE, 2010; GALLAGHER; BROWN, 1999; GREEN; MACHADO, 2015; KOUNOV et al., 2009; RAAB et al., 2002a; SILVA et al., 2019; STANLEY;

FLOWERS; BELL, 2015; TINKER; DE WIT; BROWN, 2008; WILDMAN et al., 2015, 2016). Estes pulsos de denudação coincidem com períodos de altas taxas de sedimentação siliciclástica *offshore*, associadas à formação de grandes depocentros ao longo das bacias marginais (BRAUN et al., 2014; DE VERA; GRANADO; MCCLAY, 2010; GUILLOCHEAU et al., 2012; MACGREGOR, 2013; MAYSTRENKO et al., 2013; MCMILLAN, 2003; PATON et al., 2007; ROUBY et al., 2009; SAID et al., 2015; SÉRANNE; ANKA, 2005). Estes períodos de denudação continental juntos coincidem com a incidência de plumas mantélicas, relacionadas à tectônica rifte de abertura do Atlântico Sul e à erupção da *Large Igneous Province* (LIP) Paraná – Etendeka (BRAUN et al., 2014; KROB et al., 2020; O’CONNOR et al., 2018; RENNE et al., 1996), assim como parecem coincidir com eventos tectônicos associados à propagação de esforços compressivos de longa distância (MOORE; BLENKINSOP; COTTERILL, 2009) e à magmatismo kimberlítico intra-placa (JELSMA et al., 2009, 2004; STANLEY; FLOWERS, 2016).

A corrente de pensamento mesozoica se baseia no princípio de que o ganho substancial de elevação e de formação do relevo é contemporâneo às principais fases de magmatismo, soerguimento e de denudação/erosão continentais (FLOWERS; SCHOENE, 2010). A maior parte dos estudos termocronológicos desenvolvidos na África meridional (Fig. 1a) estima taxas de denudação/erosão relativamente baixas para o Cenozoico (BICCA et al., 2019; BROWN et al., 1990; BROWN; SUMMERFIELD; GLEADOW, 2002; FLOWERS; SCHOENE, 2010; KOUNOV et al., 2009; RAAB et al., 2002b; TINKER; DE WIT; BROWN, 2008; WILDMAN et al., 2015, 2016), da mesma forma que estudos baseados em isótopos cosmogênicos, concentrados principalmente na Namíbia, também indicam taxas de erosão recentes relativamente baixas (BIERMAN; CAFFEE, 2001; COCKBURN et al., 2000; VAN DER WATEREN, 2001). Estes aspectos, portanto, têm sido interpretados como um indício da longevidade do relevo nestas regiões.

Por outro lado, trabalhos de termocronologia nas margens continentais de Angola (GREEN; MACHADO, 2015; JACKSON; HUDEC; HEGARTY, 2005; SILVA et al., 2019), da Namíbia (MARGIRIER et al., 2019) e da África do Sul (GREEN et al., 2016), além dos eventos do Cretáceo, interpretam eventos de denudação/erosão pronunciados no Cenozoico. A maior parte destes eventos coincide com as deformações de longa amplitude na superfície africana a partir de ~ 40 - 30 Ma, associadas à formação, por exemplo, dos Domos do Oeste Africano e de Angola

(GUILLOCHEAU et al., 2018). Coincidem também com deformações de estratos marinhos *onshore* e com a formação de discordâncias erosivas, dentre as quais está a do limite Eoceno – Oligoceno reconhecida ao longo da margem africana (ANKA et al., 2009; BURKE, 1996; BURKE; GUNNELL, 2008; LAVIER; STECKLER; BRIGAUD, 2001; PARTRIDGE; MAUD, 1987). Em Angola, por exemplo, sedimentos maastrichtianos (Cretáceo Superior) recobrem uma discordância que se encontra inclinada para *offshore* (GREEN; MACHADO, 2015; MARSH; SWART, 2016) e esta é truncada em direção ao continente por outra discordância mais jovem, de idade cenozoica (FEIO, 1964). Estes processos iniciados a partir de ~ 40 – 30 Ma também coincidem com a formação da corrente circumpolar antártica associada a transição de um clima global quente para um clima predominantemente frio, o que pode explicar o aumento da erosão continental no período, que culmina no aumento da sedimentação siliciclástica *offshore* em bacias como as de Angola, do Baixo Congo (LAVIER; STECKLER; BRIGAUD, 2001; SÉRANNE; ANKA, 2005) e de Moçambique (SAID et al., 2015). Em resumo, a corrente de pensamento cenozoica se baseia basicamente em correlações entre superfícies de aplainamento e discordâncias erosivas regionais, onde se estabelece idades para estas superfícies (e discordâncias) por meio de suas relações de truncamento e de sobreposição com rochas, sedimentos e mantos de intemperismo de idades preestabelecidas (GUILLOCHEAU et al., 2018). Também se baseia em estudos termocronológicos que utilizam estas informações estratigráficas e de superfícies de aplainamento para a construção de histórias térmicas (GREEN; MACHADO, 2015; SILVA et al., 2019).

As observações anteriormente apresentadas mostram que os eventos de soerguimento e denudação tanto do Cretáceo quanto do Cenozoico parecem ter sido importantes para a formação da topografia e do relevo da África meridional; no entanto, é importante ressaltar que as duas correntes de pensamento apresentam limitações, principalmente devido à carência de dados quantitativos, ou à limitações das técnicas empregadas na quantificação dos processos geológicos e geomorfológicos envolvidos. Isótopos cosmogênicos são capazes de estimar taxas de erosão relativamente muito recentes, enquanto a termocronologia por traços de fissão em apatita é menos sensível a processos erosivos de baixa magnitude (da ordem de ~ 1 - 2 km). Muitos pesquisadores questionam a extensão espacial e longevidade da superfície de aplainamento africana, principalmente devido à

carência de datações radiométricas, exceto em algumas regiões do planalto meridional africano (DE PUTTER; RUFFET, 2020).

1.2 O Domo de Angola

Angola, localizada na margem sudoeste da África meridional (Fig. 1a, b), consiste em um laboratório natural para o entendimento dos processos que regem a evolução do relevo daquela região. Sua topografia revela a existência do Domo de Angola, com um diâmetro de aproximadamente 1000 km e cujo flanco oeste é voltado para o oceano (Fig. 1b). O início do soerguimento deste Domo é estimado do Oligoceno, mas o maior pulso de soerguimento é atribuído ao Neogeno (GUILLOCHEAU et al., 2018; ROBERTS; WHITE, 2010; WALKER et al., 2016). Estas estimativas se baseiam principalmente em modelos de inversão de perfis longitudinais de rios, os quais assumem valores para variáveis difíceis de serem mensuradas (ROBERTS; WHITE, 2010); portanto, tais modelos possuem um elevado grau de incerteza de forma que a idade desta estrutura ainda é incerta. Desse modo, apesar de dados termocronológicos suportarem denudação cenozoica pronunciada ao longo da margem angolana (GREEN; MACHADO, 2015; JACKSON; HUDEC; HEGARTY, 2005; SILVA et al., 2019), a falta de dados na região do escarpamento e do planalto interior não permite assegurar se o relevo regional tem sido formado no Cenozoico, ou se a denudação cenozoica somente tem realçado um relevo pretérito.

Em relação aos mecanismos de formação da topografia, também há controvérsias. Dados geofísicos indicam que o manto sotoposto ao Domo é caracterizado por anomalias gravimétricas *free-air* positivas e anomalias sísmicas de baixa-velocidade, ambas compatíveis com soerguimento dinâmico (AL-HAJRI; WHITE; FISHWICK, 2009; KLÖCKING et al., 2020). O fato é que estes dados geofísicos mostram a situação atual, de forma que ainda não se sabe quando estes processos mantélicos se iniciaram. Outra característica importante do Domo de Angola é a ocorrência de kimberlitos e carbonatitos distribuídos ao longo de notáveis alinhamentos estruturais (Fig. 1c). O maior deles, o alinhamento de Lucapa, atravessa o território angolano na direção NE-SW e hospeda as maiores províncias diamantíferas do país (JELSMA et al., 2004; MCCOURT et al., 2013; USTINOV et al., 2018) (Fig. 1c). Kimberlitos são formados em profundidade no manto e além de

sua importância econômica, constituem registros da astenosfera e da litosfera da época das erupções (STANLEY; FLOWERS; BELL, 2015, 2013). Apesar de ser peça-chave no entendimento de como processos mantélicos interferem na superfície terrestre (STANLEY; FLOWERS; BELL, 2015, 2013), a maior parte das intrusões conhecidas não possui idade estabelecida. Na região kimberlítica próxima a cabeceira rio Longa (Fig. 1c), algumas intrusões kimberlíticas estão em estreita associação com sedimentos paleogenos da Formação “Grès Polymorphes” e são truncados por uma superfície de aplainamento regional denominada “Upper surface 2” (GUILLOCHEAU et al., 2015). Deste modo, estabelecer a idade destes kimberlitos pode fornecer informações valiosas a respeito dos mecanismos que regem a topografia.

1.3 Problema, Hipóteses e Objetivos

Esta Tese se concentra na seguinte questão: Qual é a idade e quais são os principais mecanismos que atuaram na formação do Domo de Angola e de seu relevo associado? A partir da literatura preexistente, duas hipóteses são formuladas:

- A denudação cenozoica tem contribuído substancialmente para a formação do relevo;
- O manto subjacente ao Domo de Angola tem sido um dos principais motores para a topografia.

Para se testar a primeira hipótese, pretende-se estabelecer os principais eventos de denudação continental nas porções sudoeste (área 1) e noroeste (área 2) do Domo de Angola (Fig. 1b). Para se testar a segunda hipótese, pretende-se estabelecer as possíveis idades de três intrusões kimberlíticas localizadas na região do rio Longa (área 3), porção noroeste do Domo de Angola (Fig. 1c). Desta forma, o objetivo principal é estabelecer a correlação temporal entre os eventos de denudação continental e o episódio (ou episódios) de vulcanismo kimberlítico.

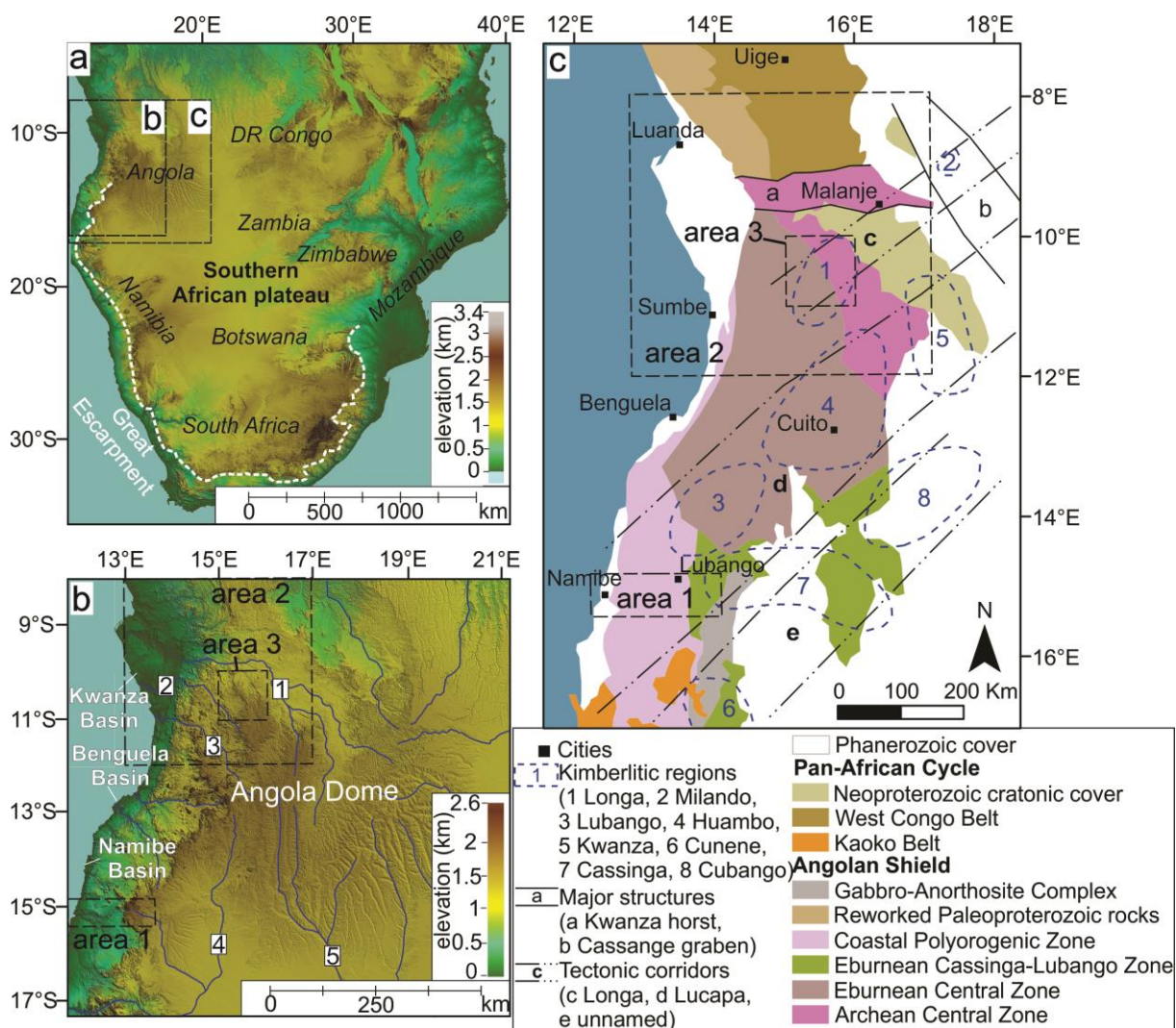


Fig. 1 a) Mapa de elevação do planalto meridional africano mostrando o escarpamento, a zona costeira e a localização das figuras b e c. b) Mapa de elevação mostrando o Domo de Angola associado a um padrão de drenagem radial (rios: 1 Kwanza; 2 Longa; 3 Cuvo; 4 Cunene; 5 Cubango) e a localização aproximada das bacias angolanas costeiras e das áreas de estudo. c) Mapa geotectônico simplificado da porção leste do Escudo Angolano, mostrando as unidades tectônicas principais, estruturas do embasamento e as áreas de estudo (modificado de (HEILBRON et al., 2008; USTINOV et al., 2018))

Detalhadamente, os objetivos específicos são:

- Acessar o padrão de denudação continental utilizando-se (U-Th-Sm)/He em apatita (AHe) e traços de fissão em apatita (AFT);
- Entender a dinâmica de evolução da paisagem utilizando-se índices morfométricos da rede de drenagem;
- Estimar possíveis temperaturas de formação e profundidades de erosão das intrusões kimberlíticas, através da caracterização petrográfica e mineralógica (difratometria de raios-X) de amostras de rocha coletadas em afloramentos;

- Estabelecer as possíveis idades das intrusões kimberlíticas utilizando-se traços de fissão em zircão por microsonda eletrônica (EP-FT).

1.4 Estrutura da Tese

Esta Tese é apresentada em mais quatro capítulos, sendo que os **Capítulos 2, 3 e 4** estão organizados na forma de artigos científicos individuais e o **Capítulo 5** apresenta uma síntese das discussões e das principais contribuições da Tese.

O **Capítulo 2** (submetido para o *International Journal of Earth Sciences*) apresenta novos dados de AHe da região da Escarpa de Chela (Fig 1b, área 1), os quais são combinados a dados prévios de AFT da mesma região para a construção de histórias térmicas pelo método inverso. Em complemento, índices morfométricos são extraídos da rede de drenagem regional e são analisados por meio de mapas e de perfis longitudinais de rios. Os dados suportam a ocorrência de denudação cenozoica diferencial entre a base e o topo da escarpa, possibilitando a proposta de um modelo genético para a Escarpa de Chela.

O **Capítulo 3** apresenta novos dados de AHe da porção noroeste do Escudo Angolano, porção noroeste do Domo de Angola (Fig. 1b, c, área 2), os quais são utilizados para a construção de histórias térmicas pelo método inverso. As novas histórias térmicas indicam eventos de denudação continental no Carbonífero – Permiano e no Cretáceo Superior, sendo o Cenozoico caracterizado por uma denudação relativamente mais limitada. Estas informações combinadas a dados de AFT e lito-estratigráficos da margem continental (Bacia do Kwanza, Fig. 1b), sugerem que o relevo regional tem se desenvolvido predominantemente no Cenozoico.

O **Capítulo 4** apresenta a caracterização petrográfica e idades EP-FT obtidas a partir de amostras de três kimberlitos (Tchiandongo, QTB-20 e K-3), localizados na região do rio Longa (Fig. 1c, área 3). Os novos dados indicam possíveis temperaturas de formação das amostras analisadas, assim como sugerem eventos de reativação térmica do Escudo Angolano no Neoproterozoico e no Paleogeno.

Referências

- AL-HAJRI, Y.; WHITE, N.; FISHWICK, S. Scales of transient convective support beneath Africa. **Geology**, v. 37, n. 10, p. 883–886, 2009.
- ANKA, Z. et al. The long-term evolution of the Congo deep-sea fan: A basin-wide view of the interaction between a giant submarine fan and a mature passive margin (ZaiAngo project). **Tectonophysics**, v. 470, n. 1–2, p. 42–56, 2009.
- BICCA, M. M. et al. Mesozoic-Cenozoic landscape evolution of NW Mozambique recorded by apatite thermochronology. **Journal of Geodynamics**, v. 125, n. January 2018, p. 48–65, 2019.
- BIERMAN, P. R.; CAFFEE, M. Slow rates of rock surface erosion and sediment production across the Namib Desert and escarpment, Southern Africa. **American Journal of Science**, v. 301, n. 4–5, p. 326–358, 2001.
- BRAUN, J. et al. Rapid erosion of the Southern African Plateau as it climbs over a mantle superswell. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 119, p. 6093–6112, 2014.
- BROWN, R. et al. Intracontinental deformation in southern Africa during the Late Cretaceous. **Journal of African Earth Sciences**, v. 100, p. 20–41, 2014.
- BROWN, R. W. et al. An Early Cretaceous phase of accelerated erosion on the South-Western margin of Africa: Evidence from apatite fission track analysis and the offshore sedimentary record. **Nucl. Tracks Radiat. Meas.**, v. 17, n. 3, p. 339–350, 1990.
- BROWN, R. W.; SUMMERFIELD, M. A.; GLEADOW, A. J. W. Denudational history along a transect across the Drakensberg Escarpment of southern Africa derived from apatite fission track thermochronology. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, n. B12, p. 2350, 2002.
- BUNGE, H.; GLASMACHER, U. A. Models and observations of vertical motion (MoveOn) associated with rifting to passive margins : Preface. **Gondwana Research**, v. 53, p. 1–8, 2018.
- BURKE, K. The African plate. **South African Journal of Geology**, v. 99, n. 4, p. 341–409, 1996.
- BURKE, K.; GUNNELL, Y. **The african erosion surface: A Continental-Scale Synthesis of Geomorphology, Tectonics, and Environmental Change over the Past 180 Million Years**. Memoir 201 ed. Boulder, Colorado: Geological Society of America, 2008.
- COCKBURN, H. A. P. et al. Quantifying passive margin denudation and landscape development using a combined fission-track thermochronology and cosmogenic isotope analysis approach. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 179, n. 3–4, p. 429–435, 2000.
- COLLI, L. et al. Rapid South Atlantic spreading changes and coeval vertical motion in surrounding continents: Evidence for temporal changes of pressure-driven upper mantle flow. **Tectonics**, v. 33, n. 7, p. 1304–1321, 2014.
- DE PUTTER, T.; RUFFET, G. Supergene manganese ore records 75 Myr-long Campanian to Pleistocene geodynamic evolution and weathering history of the

Central African Great Lakes Region – Tectonics drives, climate assists. **Gondwana Research**, v. 83, p. 96–117, 2020.

DE VERA, J.; GRANADO, P.; MCCLAY, K. Structural evolution of the Orange Basin gravity-driven system, offshore Namibia. **Marine and Petroleum Geology**, v. 27, n. 1, p. 223–237, 2010.

EBINGER, C. J.; SLEEP, N. Cenozoic magmatism throughout east Africa resulting from impact of a single plume. **Nature**, v. 395, n. October, p. 788–791, 1998.

FEIO, M. A evolução da escadaria de aplanações do sudoeste de Angola. **Garcia da Orla (Lisboa)**, v. 12, n. 2, p. 323–354, 1964.

FLOWERS, R. M.; SCHOENE, B. (U-Th)/He thermochronometry constraints on unroofing of the eastern Kaapvaal craton and significance for uplift of the southern African plateau. **Geology**, v. 38, n. 9, p. 827–830, 2010.

GALLAGHER, K.; BROWN, R. Denudation and uplift at passive margins: the record on the Atlantic Margin of southern Africa. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 357, n. 1753, p. 835–859, 1999.

GIULIANI, A. et al. Southwestern Africa on the burner: Pleistocene carbonatite volcanism linked to deep mantle upwelling in Angola. **Geology**, v. 45, n. 11, p. 971–974, 2017.

GREEN, P. F. et al. Post-breakup burial and exhumation of the southern margin of Africa. **Basin Research**, v. 29, n. 1, p. 1–32, 2016.

GREEN, P. F. et al. Post-breakup burial and exhumation of passive continental margins: Seven propositions to inform geodynamic models. **Gondwana Research**, v. 53, p. 58–81, 2018.

GREEN, P. F.; MACHADO, V. Pre-rift and synrift exhumation, post-rift subsidence and exhumation of the onshore Namibe Margin of Angola revealed from apatite fission track analysis. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 438, p. 99–118, 2015.

GUILLOCHEAU, F. et al. Quantification and causes of the terrigenous sediment budget at the scale of a continental margin: A new method applied to the Namibia-South Africa margin. **Basin Research**, v. 24, n. 1, p. 3–30, 2012.

GUILLOCHEAU, F. et al. Cenozoic Landscape Evolution in and Around the Congo Basin: Constraints from Sediments and Planation Surfaces. In: DE WIT, M. J.; GUILLOCHEAU, F.; DE WIT, M. C. J. (Eds.). **Geology and Resource Potential of the Congo Basin**. Berlin-Heidelberg: Springer, 2015. p. 1–417.

GUILLOCHEAU, F. et al. Planation surfaces as a record of mantle dynamics: The case example of Africa. **Gondwana Research**, v. 53, p. 82–98, 2018.

GUIRAUD, R.; BOSWORTH, W. Senonian basin inversion and rejuvenation of rifting in Africa and Arabia: synthesis and implications to plate-scale tectonics. **Tectonophysics**, v. 282, n. 1–4, p. 39–82, 1997.

GURNIS, M. et al. Constraining mantle density structure using geological evidence of surface uplift rates: The case of the African Superplume. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems**, v. 1, n. 7, 2000.

HEILBRON, M. et al. Correlation of Neoproterozoic terrane between the Ribeira Belt,

SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 294, n. 1, p. 2011–237, 2008.

HOLMES, A. **Principles of Physical Geology**. Edinburgh: Thomas Nelson and Sons Limited, 1944.

JACKSON, M. P. A.; HUDEC, M. R.; HEGARTY, K. A. The great West African Tertiary coastal uplift: Fact or fiction? A perspective from the Angolan divergent margin. **Tectonics**, v. 24, n. 6, p. 1–23, 2005.

JAPSEN, P. et al. Elevated, passive continental margins: Not rift shoulders, but expressions of episodic, post-rift burial and exhumation. **Global and Planetary Change**, v. 90–91, p. 73–86, 2012.

JELSMA, H. et al. Tectonic setting of kimberlites. **LITHOS**, v. 112, p. 155–165, 2009.

JELSMA, H. A. et al. Preferential distribution along transcontinental corridors of kimberlites and related rocks of Southern Africa. **South African Journal of Geology**, v. 107, n. (1-2), p. 301–324, 2004.

KING, L. C. A Geomorphological comparison between eastern Brazil and Africa (Central and Southern). **Quarterly Journal of the Geological Society of London**, v. 112, n. 1–4, p. 445–474, 1956.

KING, L. C. Planation remnants upon high lands. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 20, p. 133–148, 1976.

KLÖCKING, M. et al. A tale of two domes: Neogene to recent volcanism and dynamic uplift of northeast Brazil and southwest Africa. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 547, p. 116464, 2020.

KOUNOV, A. et al. Denudation along the Atlantic passive margin: new insights from apatite fission-track analysis on the western coast of South Africa. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 324, n. September, p. 287–306, 2009.

KROB, F. C. et al. Application of stratigraphic frameworks and thermochronological data on the Mesozoic SW Gondwana intraplate environment to retrieve the Paraná-Etendeka plume movement. **Gondwana Research**, v. 84, p. 81–110, 2020.

LAVIER, L. L.; STECKLER, M. S.; BRIGAUD, F. Climatic and tectonic control on the Cenozoic evolution of the West African margin. **Marine Geology**, v. 178, n. 1–4, p. 63–80, 2001.

LITHGOW-BERTELLONI, C.; SILVER, P. Dynamic topography, plate driving forces and the African superswell. **Nature**, v. 395, n. September, p. 345–348, 1998.

MACGREGOR, D. S. Late Cretaceous – Cenozoic sediment and turbidite reservoir supply to South Atlantic margins. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 369, p. 109–128, 2013.

MARGIRIER, A. et al. Climate control on Early Cenozoic denudation of the Namibian margin as deduced from new thermochronological constraints. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 527, 2019.

MARSH, J. S.; SWART, R. The Bero Volcanic Complex: Extension of the Paraná-Etendeka Igneous Province into SW Angola. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, 2016.

MAYSTRENKO, Y. P. et al. Structural features of the Southwest African continental margin according to results of lithosphere-scale 3D gravity and thermal modelling. **Tectonophysics**, v. 604, p. 104–121, 2013.

MCCOURT, S. et al. New U-Pb SHRIMP ages from the Lubango region, SW Angola: insights into the Palaeoproterozoic evolution of the Angolan Shield, southern Congo Craton, Africa. **Journal of the Geological Society**, v. 170, n. 2, p. 353–363, 2013.

MCMILLAN, I. K. Foraminiferally defined biostratigraphic episodes and sedimentation pattern of the Cretaceous drift succession (Early Barremian to Late Maastrichtian) in seven basins on the South African and southern Namibian continental margin. **South African Journal of Science**, v. 99, n. 11–12, p. 537–576, 2003.

MOORE, A.; BLENKINSOP, T.; COTTERILL, F. Southern African topography and erosion history: Plumes or plate tectonics? **Terra Nova**, v. 21, n. 4, p. 310–315, 2009.

NYBLADE, A. A.; ROBINSON, S. W. The African Superswell. **Geophysical Research Letters**, v. 21, n. 9, p. 765–768, 1994.

O'CONNOR, J. et al. Hotspot tracks in the South Atlantic located above bands of fast flowing asthenosphere driven by waning pulsations from the African LLSVP. **Gondwana Research**, v. 53, p. 197–208, 2018.

PARTRIDGE, T. C.; MAUD, R. R. Geomorphic evolution of southern Africa since the Mesozoic. **South African Journal of Geology**, v. 90, n. 2, p. 179–208, 1987.

PATON, D. A. et al. Insights into the Petroleum System Evolution of the southern Orange Basin, South Africa. **South African Journal of Geology**, v. 110, n. 2–3, p. 261–274, 2007.

RAAB, M. J. et al. Late Cretaceous reactivation of major crustal shear zones in northern Namibia: Constraints from apatite fission track analysis. **Tectonophysics**, v. 349, n. 1–4, p. 75–92, 2002a.

RAAB, M. J. et al. Late Cretaceous reactivation of major crustal shear zones in northern Namibia: Constraints from apatite fission track analysis. **Tectonophysics**, v. 349, n. 1–4, p. 75–92, 2002b.

RENNE, P. R. et al. Age of Etendeka flood volcanism and associated intrusions in southwestern Africa. **Geology**, v. 24, n. 7, p. 659–662, 1996.

RITSEMA, J.; VAN HEIJST, H. J.; WOODHOUSE, J. H. Complex shear velocity structure imaged beneath Africa and Iceland. **Science**, v. 286, n. 5446, p. 1925–1928, 1999.

ROBERTS, G. G.; WHITE, N. Estimating uplift rate histories from river profiles using African examples. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 115, n. 2, p. 1–24, 2010.

ROUBY, D. et al. Sediment supply to the Orange sedimentary system over the last 150 My: An evaluation from sedimentation/denudation balance. **Marine and Petroleum Geology**, v. 26, n. 6, p. 782–794, 2009.

SAID, A. et al. Cretaceous-Cenozoic sedimentary budgets of the Southern Mozambique Basin: Implications for uplift history of the South African Plateau. **Journal of African Earth Sciences**, v. 109, p. 1–10, 2015.

SÉRANNE, M.; ANKA, Z. South Atlantic continental margins of Africa: A comparison

of the tectonic vs climate interplay on the evolution of equatorial west Africa and SW Africa margins. **Journal of African Earth Sciences**, v. 43, n. 1–3, p. 283–300, 2005.

SILVA, B. V. et al. Evolution of the Southwestern Angolan Margin: episodic burial and exhumation is more realistic than long-term denudation. **International Journal of Earth Sciences**, v. 108, n. 1, p. 89–113, 2019.

STANLEY, J. R.; FLOWERS, R. M. Dating kimberlite emplacement with zircon and perovskite (U-Th)/He geochronology. **Geochemistry Geophysics Geosystems**, v. 17, p. 4517–4533, 2016.

STANLEY, J. R.; FLOWERS, R. M.; BELL, D. B. Erosion patterns and mantle sources of topographic change across the southern African Plateau derived from the shallow and deep records of kimberlites. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems**, v. 16, p. 1–22, 2015.

STANLEY, J. R.; FLOWERS, R. M.; BELL, D. R. Kimberlite (U-Th)/He dating links surface erosion with lithospheric heating, thinning, and metasomatism in the southern African Plateau. **Geology**, v. 41, n. 12, p. 1243–1246, 2013.

TINKER, J.; DE WIT, M.; BROWN, R. Mesozoic exhumation of the southern Cape, South Africa, quantified using apatite fission track thermochronology. **Tectonophysics**, v. 455, n. 1–4, p. 77–93, 2008.

USTINOV, V. N. et al. Kimberlites distribution in Angola and prospective areas for new discoveries. **Mineralogy and Petrology**, v. 112, p. 383–396, 2018.

VAN DER WATEREN, F. Late Neogene passive margin denudation history – cosmogenic isotope measurements from the central Namib desert. **Global and Planetary Change**, v. 30, p. 271–307, 2001.

WALKER, R. T. et al. Rapid mantle-driven uplift along the Angolan margin in the late Quaternary. **Nature Geoscience**, v. 9, n. 12, p. 909–914, 14 dez. 2016.

WILDMAN, M. et al. Post break-up tectonic inversion across the southwestern cape of South Africa: New insights from apatite and zircon fission track thermochronometry. **Tectonophysics**, v. 654, p. 30–55, 2015.

WILDMAN, M. et al. The chronology and tectonic style of landscape evolution along the elevated Atlantic continental margin of South Africa resolved by joint apatite fission track and (U-Th-Sm)/He thermochronology. **Tectonics**, v. 35, n. 3, p. 511–545, 2016.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES DA TESE

Conforme descrito nos Capítulos 2 e 3, as histórias térmicas das zonas costeiras das porções sudoeste e noroeste do Domo de Angola confirmam resfriamentos no Cenozoico, principalmente a partir do Eoceno, compatíveis com denudação em escala quilométrica (GREEN; MACHADO, 2015; HUDEC; JACKSON, 2002, 2004; JACKSON; HUDEC; HEGARTY, 2005; LUNDE et al., 1992; SILVA et al., 2019). Entretanto, as histórias térmicas do topo da escarpa de Chela (porção sudoeste) e do planalto antigo (porção noroeste) não suportam resfriamentos pronunciados no Cenozoico, indicando que a denudação cenozoica nestas regiões foi substancialmente menor (< 1 km). Uma denudação cenozoica mais limitada (a partir de $\sim 40 - 30$ Ma) em diversas áreas ao longo do planalto antigo, também é sugerida pela preservação de remanescentes da superfície de aplainamento africana (BURKE; GUNNELL, 2008; DE PUTTER; RUFFET, 2020; GUILLOCHEAU et al., 2018) e da *Upper Surface 2* (GUILLOCHEAU et al., 2015), assim como pela preservação de remanescentes da Formação *Grés Polimorphes* (ARAÚJO; GUIMARÃES, 1992; GUILLOCHEAU et al., 2015; HADDON, 2005; HADDON; MCCARTHY, 2005; LINOL et al., 2015).

Deste modo, os dados coligidos nesta Tese permitem propor que os relevos das porções sudoeste e noroeste do Domo de Angola desenvolveram-se predominantemente no Cenozoico, devido à denudação diferencial entre a zona costeira e o planalto antigo. Esta denudação diferencial é ilustrada pelos índices morfométricos K_{sn} e χ da rede de drenagem da porção sudoeste, os quais indicam que os rios costeiros possuem taxas de incisão fluvial maiores do que os rios interiores e que a bacia de drenagem costeira tende a avançar em direção ao interior. Neste caso, a denudação cenozoica corrobora a hipótese de captura do rio Cunene interior por um rio costeiro no Cenozoico (BUCH, 1997; HOUBEN et al., 2020). Assumindo-se que o Domo de Angola consiste em uma estrutura contínua que tem sido formada por pulsos de soerguimento de longo comprimento de onda (AL-HAJRI; WHITE; FISHWICK, 2009; GUILLOCHEAU et al., 2018; KLÖCKING et al., 2020; ROBERTS; WHITE, 2010; WALKER et al., 2016) e que as variações climáticas têm ocorrido de forma relativamente homogênea ao longo da margem angolana (SÉRANNE; ANKA, 2005), sugere-se que o padrão de denudação observado nestas duas áreas pode ser extrapolado para o restante da margem

angolana; no entanto, novas pesquisas são necessárias tanto na zona costeira quanto no planalto antigo para testar tal hipótese.

Estima-se que a superfície de aplainamento reconhecida na região do rio Longa (*Upper surface 2*) possui idade máxima do Paleogeno, baseando-se na sua relação de truncamento com remanescentes da Formação *Grés Polimorphes* (GUILLOCHEAU et al., 2015). Entretanto, como anteriormente mencionado, os resultados de AHe do embasamento Pré-cambriano não detectam resfriamento significativo no cenozoico, indicando que a denudação cenozoica nesta região do planalto foi provavelmente menor do que ~ 1 km. Isto implica que não são necessários vários quilômetros de erosão para formar estas superfícies, ou seja, eventos de resfriamento detectados por meio de métodos termocronológicos de baixa-temperatura, não necessariamente coincidem com a última fase erosiva de determinada superfície, uma vez que estes resfriamentos podem representar fases pretéritas e, portanto, devem ser interpretados com cautela quando utilizados para este propósito.

Conforme descrito no Capítulo 4, a porção noroeste do Escudo Angolano foi afetada por eventos térmicos importantes no Neoproterozoico e no Paleogeno, sendo que este último evento possivelmente corresponde à época de erupção de kimberlitos. Caso esta hipótese se confirme, a ocorrência de kimberlitos diamantíferos na região do rio Longa indica a presença de raiz cratônica espessa e processos de fusão parcial do manto sub-litosférico no Paleogeno. Estas informações combinadas a dados geofísicos prévios (CELLI et al., 2020; KLÖCKING et al., 2020) sugerem que uma fase importante de erosão e afinamento da litosfera vem ocorrendo pelo menos desde o Paleogeno. Tais processos provocam domeamento litosférico e soerguimento de longo comprimento de onda na superfície terrestre (KLÖCKING et al., 2020), possivelmente atrelados à formação do Domo de Angola.

Em resumo, a partir dos resultados obtidos nesta Tese em conjunto com as pesquisas prévias citadas, é proposto um modelo evolutivo para as áreas aqui estudadas dentro do contexto genético Domo de Angola:

- i. A fusão do manto sub-litosférico provoca magmatismo kimberlítico e está possivelmente associada ao início de uma fase de erosão/afinamento do manto litosférico no Paleogeno;

- ii. Tais processos mantélicos iniciam o domeamento e o soerguimento da superfície terrestre;
- iii. O soerguimento regional expõe as rochas a processos de denudação e de intemperismo, impulsionados também por condições climáticas favoráveis estabelecidas no Cenozoico;
- iv. A denudação ocorre de forma diferenciada, possivelmente devido à reorganização do sistema de drenagem que se adapta as quedas do nível de base, a qual é maior no flanco voltado para o oceano, enquanto que no interior predomina o soerguimento da superfície e a preservação parcial das *etchplains*.

O modelo acima revitaliza em Angola a teoria de (BURKE; GUNNELL, 2008), de que o *Great Escarpment* africano se forma por dissecação das bordas dos Domos regionais a partir da segunda metade do Cenozoico. Se existe evidência da erupção de carbonatitos (GIULIANI et al., 2017) e soerguimentos recentes da superfície do Domo de Angola (WALKER et al., 2016), esta Tese também contribui em sugerir que estes processos estão ativos pelo menos desde o Paleogeno, trazendo mais um capítulo para a elucidação da história tectônica e geomorfológica da região.

De um ponto de vista metodológico, a técnica por EP-FT (DIAS et al., 2017; GOMBOSI; GARVER; BALDWIN, 2014) se mostra promissora para a datação de kimberlitos conforme apresentado no Capítulo 4. A vantagem do método EP-FT em relação às abordagens tradicionais decorre da possibilidade de datação de cristais ricos em urânio, os quais em geral são mais danificados por decaimento radioativo e apresentam temperaturas de fechamento menores, sendo mais sensíveis ao reset total pelas temperaturas associadas à formação de depósitos vulcanoclásticos. Isto é nítido na amostra do kimberlito K-3, no qual a população de idades mais jovem é quase inteiramente representada por cristais com concentrações de urânio acima de 2000 ppm. A vantagem deste método também consiste na possibilidade de se estimar temperaturas, taxas de resfriamento, ou tempo de duração do aquecimento associados à formação de kimberlitos vulcanoclásticos.

Referências

- AL-HAJRI, Y.; WHITE, N.; FISHWICK, S. Scales of transient convective support beneath Africa. **Geology**, v. 37, n. 10, p. 883–886, 2009.
- ARAÚJO, A. G.; GUIMARÃES, F. Geologia de Angola. **Notícia explicativa da carta geológica à escala 1:1000000**, p. 137p, 1992.
- BUCH, M. W. Etosha Pan - The third largest lake in the world? **Madoqua**, v. 20, n. 1, p. 49–64, 1997.
- BURKE, K.; GUNNELL, Y. **The african erosion surface: A Continental-Scale Synthesis of Geomorphology, Tectonics, and Environmental Change over the Past 180 Million Years**. Memoir 201 ed. Boulder, Colorado: Geological Society of America, 2008.
- CELLI, N. L. et al. African cratonic lithosphere carved by mantle plumes. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, 2020.
- DE PUTTER, T.; RUFFET, G. Supergene manganese ore records 75 Myr-long Campanian to Pleistocene geodynamic evolution and weathering history of the Central African Great Lakes Region – Tectonics drives, climate assists. **Gondwana Research**, v. 83, p. 96–117, 2020.
- DIAS, A. N. C. et al. A new approach for electron microprobe zircon fission track thermochronology. **Chemical Geology**, v. 459, n. April, p. 129–136, 2017.
- GIULIANI, A. et al. Southwestern Africa on the burner: Pleistocene carbonatite volcanism linked to deep mantle upwelling in Angola. **Geology**, v. 45, n. 11, p. 971–974, 2017.
- GOMBOSI, D. J.; GARVER, J. I.; BALDWIN, S. L. On the development of electron microprobe zircon fission-track geochronology. **Chemical Geology**, v. 363, p. 312–321, 2014.
- GREEN, P. F.; MACHADO, V. Pre-rift and synrift exhumation, post-rift subsidence and exhumation of the onshore Namibe Margin of Angola revealed from apatite fission track analysis. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 438, p. 99–118, 2015.
- GUILLOCHEAU, F. et al. Cenozoic Landscape Evolution in and Around the Congo Basin: Constraints from Sediments and Planation Surfaces. In: DE WIT, M. J.; GUILLOCHEAU, F.; DE WIT, M. C. J. (Eds.). **Geology and Resource Potential of the Congo Basin**. Berlin-Heidelberg: Springer, 2015. p. 1–417.
- GUILLOCHEAU, F. et al. Planation surfaces as a record of mantle dynamics: The case example of Africa. **Gondwana Research**, v. 53, p. 82–98, 2018.
- HADDON, I. G. **The Sub-Kalahari Geology and Tectonic Evolution of the Kalahari Basin, Southern Africa**. [s.l.] Witwatersrand, Johannesburg, 2005.
- HADDON, I. G.; MCCARTHY, T. S. The Mesozoic-Cenozoic interior sag basins of Central Africa: The Late Cretaceous-Cenozoic Kalahari and Okavango basins. **Journal of African Earth Sciences**, v. 43, p. 316–333, 2005.
- HOUBEN, G. J. et al. Stacked megafans of the kalahari basin as archives of paleogeography, river capture, and cenozoic paleoclimate of Southwestern Africa.

Journal of Sedimentary Research, v. 90, n. 9, p. 980–1010, 2020.

HUDEEC, M. R.; JACKSON, M. P. A. Structural segmentation, inversion, and salt tectonics on a passive margin: Evolution of the Inner Kwanza Basin, Angola. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 114, n. 10, p. 1222–1244, 2002.

HUDEEC, M. R.; JACKSON, M. P. A. Regional restoration across the Kwanza Basin, Angola: Salt tectonics triggered by repeated uplift of a metastable passive margin. **AAPG Bulletin**, v. 88, n. 7, p. 971–990, 2004.

JACKSON, M. P. A.; HUDEEC, M. R.; HEGARTY, K. A. The great West African Tertiary coastal uplift: Fact or fiction? A perspective from the Angolan divergent margin. **Tectonics**, v. 24, n. 6, p. 1–23, 2005.

KLÖCKING, M. et al. A tale of two domes: Neogene to recent volcanism and dynamic uplift of northeast Brazil and southwest Africa. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 547, p. 116464, 2020.

LINOL, B. et al. Formation and Collapse of the Kalahari Duricrust [‘African Surface’] Across the Congo Basin, with Implications for changes in Rates of Cenozoic Off-Shore Sedimentation. **Geology and Resource Potential of the Congo Basin**, n. September, p. 1–417, 2015.

LUNDE, G. et al. Tertiary uplift of the Kwanza Basin in Angola. In: CURNELLE, R. (Ed.). **Géologie Africaine, Colloques de Géologie de Libreville**. [s.l.] Bull. Cent. de Rech. Explor. Product. Elf Aquitaine Mém, 1992. v. 13p. 99–117.

ROBERTS, G. G.; WHITE, N. Estimating uplift rate histories from river profiles using African examples. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 115, n. 2, p. 1–24, 2010.

SÉRANNE, M.; ANKA, Z. South Atlantic continental margins of Africa: A comparison of the tectonic vs climate interplay on the evolution of equatorial west Africa and SW Africa margins. **Journal of African Earth Sciences**, v. 43, n. 1–3, p. 283–300, 2005.

SILVA, B. V. et al. Evolution of the Southwestern Angolan Margin: episodic burial and exhumation is more realistic than long-term denudation. **International Journal of Earth Sciences**, v. 108, n. 1, p. 89–113, 2019.

WALKER, R. T. et al. Rapid mantle-driven uplift along the Angolan margin in the late Quaternary. **Nature Geoscience**, v. 9, n. 12, p. 909–914, 14 dez. 2016.