

## **CARTOGRAFIA DE ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS EM REDES DE DRENAGEM SEMIÁRIDAS: POSSIBILIDADES DE AVALIAÇÃO POR MEIO DE IMAGENS GOOGLE EARTH™**

**Kleber Carvalho Lima**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho – Campus de Rio Claro, Brasil  
klebercarvalho.two@gmail.com

**Cenira Maria Lupinacci**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho – Campus de Rio Claro, Brasil  
cenira.lupinacci@unesp.br

### **Cartografia de alterações antrópicas em redes de drenagem semiáridas: possibilidades de avaliação por meio de imagens Google Earth™ (Resumo)**

As imagens orbitais disponibilizadas gratuitamente por meio de globos digitais têm auxiliado diversas pesquisas geomorfológicas, principalmente em regiões com pouca cobertura de produtos em nível de detalhe. Nesse trabalho, foram utilizadas imagens orbitais disponibilizadas pelo *Google Earth™*, como forma de avaliar a sua aplicabilidade no mapeamento de feições antrópicas em rede de drenagem no semiárido brasileiro. Por meio de diferentes imagens, foi possível a classificação dos segmentos de drenagem, a identificação de pequenos barramentos e cacimbas em escala temporal e em nível de detalhe. Ainda, as imagens auxiliaram na interpretação de processos geomorfológicos antropogênicos, típicos de drenagens com características similares.

**Palavras-chave:** Cartografia geomorfológica; Antropogeomorfologia; Semiárido.

### **Cartografía de alteraciones antrópicas en redes de drenaje semiáridas: posibilidades de evaluación por medio de imágenes Google Earth™ (Resumen)**

Las imágenes de satélite disponibles gratuitamente en globos digitales han auxiliado diversas investigaciones en geomorfología, principalmente en regiones con poca cobertura de imágenes en nivel de detalle. En este trabajo fueron utilizadas imágenes de *Google Earth™*, como forma de evaluar su aplicación en el mapeo de características antrópicas en red de drenaje en el semiárido brasileño. Así fue

Recibido: 26 de julio de 2019

Devuelto para correcciones: 10 de octubre de 2019

Aceptado: 30 de octubre de 2019

posible la clasificación de los segmentos de drenaje, la identificación de pequeños embalses y de excavaciones para acumulación de agua, regionalmente conocida por *cacimbas*, en dos períodos distintos y en escala de detalle. Las imágenes auxiliaron en la interpretación de procesos geomorfológicos antropogénicos, típicos de drenajes con características similares.

**Palabras-clave:** Cartografía geomorfológica; Antropogeomorfología; Semiárido.

### **Cartography of anthropogenic alterations in semi-arid drainage networks: possibilities for evaluation through Google Earth™ satellite images (Abstract)**

Free satellite images available on digital globes have supported a variety of geomorphological research, especially in regions without coverage of detail images. In this work, we used satellite images provided by Google Earth™ were used as a way to evaluate their applicability in the anthropogenic features mapping in a Brazilian semi-arid drainage network. We classify the drainage segments; identify small reservoirs and stock ponds, regionally known as *cacimbas*, in detail scale for the 2004 and 2016 years. The Google Earth™ satellite images supported the interpretation of anthropogenic geomorphological processes, typical of drainages with similar characteristics.

**Key words:** Geomorphological mapping; Anthropogeomorphology; Semi-arid.

O surgimento dos globos digitais (*Digital Globes*), no final do século XX, contribuiu de maneira significativa com as pesquisas em Geografia, especialmente pela possibilidade de obtenção de dados espaciais com acesso gratuito na internet por diversos usuários em todo o mundo<sup>1</sup>. O *Google Earth™* é considerado o mais popular dentre os globos digitais<sup>2</sup>, no qual os recursos disponibilizados permitem a aquisição de diferentes dados do relevo através das imagens orbitais, da visualização do terreno em 3D e da elaboração de perfis topográficos, por exemplo. Para além da rápida visualização de aspectos gerais do relevo, as imagens disponíveis no *Google Earth™* permitem a sua utilização em diferentes temáticas geomorfológicas como no ensino de Geomorfologia<sup>3</sup>, no mapeamento de feições de detalhe<sup>4</sup>, na quantificação de processos<sup>5</sup>, na avaliação das interferências antrópicas sobre o sistema geomorfológico<sup>6</sup>, na elaboração de perfis longitudinais<sup>7</sup>, dentre outras.

Em regiões onde tradicionalmente poucos produtos orbitais de qualidade estão disponíveis gratuitamente, como na região semiárida brasileira<sup>8</sup>, as imagens acessíveis por meio do *Google Earth™* vêm contribuindo de maneira significativa para o desenvolvimento de investigações geomorfológicas com temas sobre diferentes aspectos do relevo<sup>9</sup>. Nessa perspectiva, objetiva-se avaliar o emprego de imagens disponíveis no *Google Earth™* para a identificação e mapeamento de feições antrópicas em redes de drenagem efêmera situadas no semiárido do Brasil, apontando as possíveis respostas geomorfológicas à essas intervenções. Para essa

---

<sup>1</sup> Benjamin Tuttle, Sharolyn Anderson e Russell Huff, 2008.

<sup>2</sup> Stephen Tooth, 2013; Stephen Tooth, 2015.

<sup>3</sup> Luis Contreras, 2006; Stephen Tooth, 2006; Thomas Allen, 2008.

<sup>4</sup> Paolo Paron e Lieven Claessens, 2011; Baoli Liu, Tom Coulthard, 2015; Kleber Lima e Cenira Lupinacci, 2019.

<sup>5</sup> José Constantine e Thomas Dunne, 2008; Tooth *et al*, 2014; John Boardman, 2016; Paolo Billi *et al*, 2018.

<sup>6</sup> Adriano Simon e Cenira Cunha, 2008; Adriano Heck Simon e Grazielle Trentin, 2009; Leandro Pinton, Vinicius Travalini e Cenira Cunha, 2011.

<sup>7</sup> Rubens Silva *et al*, 2016; Tainá Medeiros Suizu e Paulo Rocha, 2017.

<sup>8</sup> Bruno Ferreira, 2010; Kleber Lima, Cenira Cunha e Arquimedes Perez Filho, 2013.

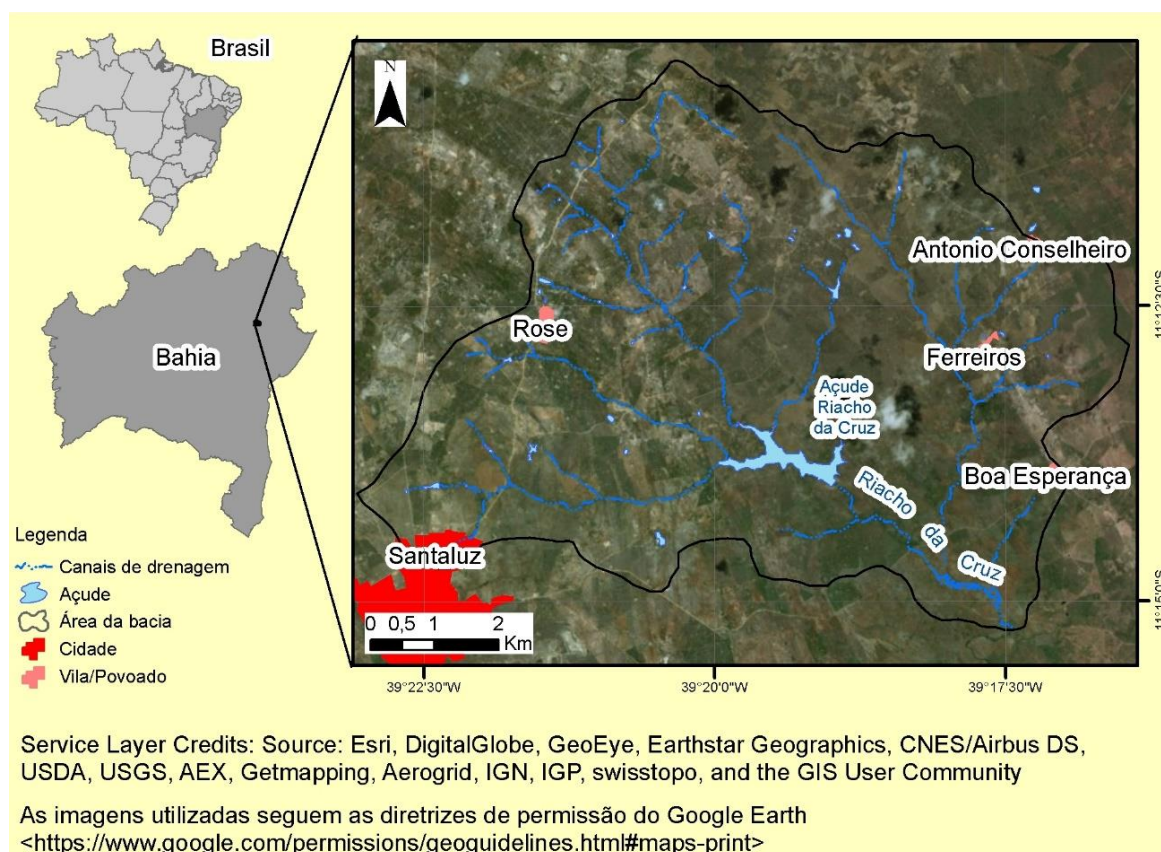
<sup>9</sup> Kleber Lima e Cenira Cunha, 2014; Rodrigo Amorim, 2015; Landerlei Santos, 2015; Kleber Lima, 2017; George Oliveira *et al*, 2018.

finalidade, foi selecionada como área amostral a rede de drenagem da bacia hidrográfica do riacho da Cruz, no município de Santaluz, estado da Bahia/Brasil.

## Características da área em estudo

A bacia hidrográfica do riacho da Cruz, localizada no estado da Bahia (figura1), apresenta área de 65,9 km<sup>2</sup>, e se desenvolveu sobre o domínio estrutural do Complexo Santaluz, formado no Arqueano Médio Inferior (>3,0 Ga), localmente composto por litologias como gnaisses, ortognaisses e intrusões de granitos e sienitos<sup>10</sup>. Do ponto de vista estrutural, a área é caracterizada pela ocorrência de falhas, fraturas e lineamentos estruturais com orientação preferencial NO-SE. Sobre essa litologia de alta resistência à erosão, atua o clima Semiárido que apresenta temperatura média anual de 24°C e pluviosidade média anual de 537,9 mm<sup>11</sup>. Os dados climáticos locais indicaram, entre 1943 e 1983, índice de evaporação real de 537,9 mm, excedente hídrico negativo, deficiência hídrica de 715,4 mm e índice de aridez de 57,1<sup>12</sup>.

**Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do riacho da Cruz (Bahia/Brasil)**



Fonte: Elaborada pelos autores.

<sup>10</sup> Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2010.

<sup>11</sup> Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia - SEI, 1999.

<sup>12</sup> Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia - SEI, 1999.

O período com maiores volumes de chuva corresponde aos meses de novembro e março (~60 mm mensal); e o período mais seco situa-se entre os meses de julho e outubro (~20 mm)<sup>13</sup>. A área em estudo, assim como todo o semiárido brasileiro, é marcada pela irregularidade no regime de chuvas, apresentando constantes períodos de seca, sendo agravadas nos períodos de atuação de *El Niño*<sup>14</sup>. Ocasionalmente, podem ocorrer precipitações em regime de torrente, típicas de regiões secas, associadas a pequenas células de baixa pressão atmosférica<sup>15</sup>.

O modelado regional apresenta uma vasta superfície de aplainamento, inserida na Depressão Sertaneja, composta por inselbergues, níveis dissecados e conservados de pedimentos e vales de fundo plano. Sobre as superfícies planas ocorrem redes de drenagem compostas predominantemente por canais de drenagem efêmera<sup>16</sup> que apresentam fluxo hídrico durante e imediatamente após as chuvas.

Apesar das condições ambientais adversas para a ocupação humana e o desenvolvimento de atividades econômicas, o semiárido brasileiro, como um todo, é considerada a região seca mais populosa do mundo, com cerca de 23,5 milhões de habitantes<sup>17</sup>, sendo que a maior parte dessa população enfrenta grandes problemas de escassez e acesso a água<sup>18</sup>. No município de Santaluz, contexto ao qual a área em estudo está inserida, a população total era de 33.838 habitantes, segundo o Censo de 2010. Cerca de 38% dos seus habitantes residia na zona rural e tem como principais atividades econômicas a agricultura de subsistência, acultura do sisal (*agave sisalana*) e a pecuária bovina e caprina. Devido aos sucessivos períodos de estiagem, é comum a construção de barramentos nos canais de drenagem; além das cacimbas, que são escavações realizadas no leito do canal ou nas estreitas planícies aluviais para a captação de água no subsolo, com profundidades que variam de 4 a 15 metros<sup>19</sup>.

## Materiais e procedimentos operacionais

Os procedimentos necessários ao desenvolvimento desse estudo envolveram a seleção das imagens, identificação preliminar das feições, trabalho de campo, correção de distorções nas imagens e a elaboração do produto cartográfico. Distorções entre as séries temporais de imagens acessíveis via *Google Earth*<sup>TM</sup> (GE) podem ser comuns em algumas áreas do globo, apresentando imprecisões horizontais e verticais<sup>20</sup>. No sentido de verificarmos as distorções horizontais entre as imagens da área em estudo, foram tomados 15 pontos de controle em campo com auxílio de aparelho GPS que, posteriormente, foram inseridos no *Google Earth*<sup>TM</sup>. Foram observadas distorções horizontais entre as imagens de diferentes anos<sup>21</sup>, levando-se em consideração a verdadeira posição dos pontos de referência, sendo que a imagem do ano de 2004 apresentou diferença de aproximadamente 31 metros com relação à imagem do ano de 2016 (figura 2).

Com vistas a evitar-se essas distorções, optou-se pelo acesso das mesmas diretamente no *software ArcGIS*<sup>®</sup>, por meio do menu *Add Basemap – Imagery*, onde foi possível utilizar-se a

<sup>13</sup> Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia - SEI, 1999.

<sup>14</sup> José Marengo, Ana Cunha e Lincoln Alves, 2016.

<sup>15</sup> William Graff, 1988.

<sup>16</sup> Kleber Lima, Cenira Cunha e Archimedes Perez Filho, 2016.

<sup>17</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>.

<sup>18</sup> Jémison Santos, 2011.

<sup>19</sup> Jémison Santos, 2011.

<sup>20</sup> Nagi Mohammed, Ahmed Ghazi e Hussam Mustafa, 2013.

<sup>21</sup> Observa-se que as imagens acessíveis via *Google Earth*<sup>TM</sup> e via *ArcGIS*<sup>®</sup> são correspondentes entre si.

imagem da *Digital Globe*, obtida em 2 de dezembro de 2004. Observa-se que, via SIG, não é possível acessar a série temporal dessas imagens, ficando o usuário sujeito a imagem disponibilizada na base de dados do *software*. Assim, para a utilização de uma imagem obtida em outro período, foi realizada a instalação da ferramenta *BaseMap Server*<sup>22</sup>, onde foi possível operar com a imagem da CNES/*Airbus*, obtida em 16 de julho de 2016. Verificou-se que quando sobrepostas em SIG, as duas imagens apresentaram distorções entre si de 1 metro, levando-se em consideração os pontos obtidos em campo (figura 2), sendo viável a realização do mapeamento em escala 1:3.000.

Foram priorizadas as feições antrópicas que apresentam intervenções diretamente na rede de drenagem da bacia do riacho da Cruz. Dessa forma, mapearam-se os segmentos fluviais, os barramentos, os corpos d'água e as cacimbas. A partir das imagens, as feições foram categorizadas e quantificadas, levando-se em consideração as variações temporais e espaciais. Inicialmente os segmentos fluviais foram considerados como trechos onde a ordem que lhe é atribuída, na hierarquia fluvial, permanece a mesma<sup>23</sup>.

As simbologias de representação cartográfica foram adaptadas de propostas anteriores<sup>24</sup> nas quais os elementos hidrográficos representam, na cor azul, o comportamento da água nos canais de drenagem e nas lagoas, com relação à sua temporalidade e ao trabalho erosivo dos fluxos fluviais. As feições antrópicas foram representadas em vermelho, sendo os corpos hídricos dos açudes representados em polígono preenchido em azul, hachuras azuis e contorno em vermelho.

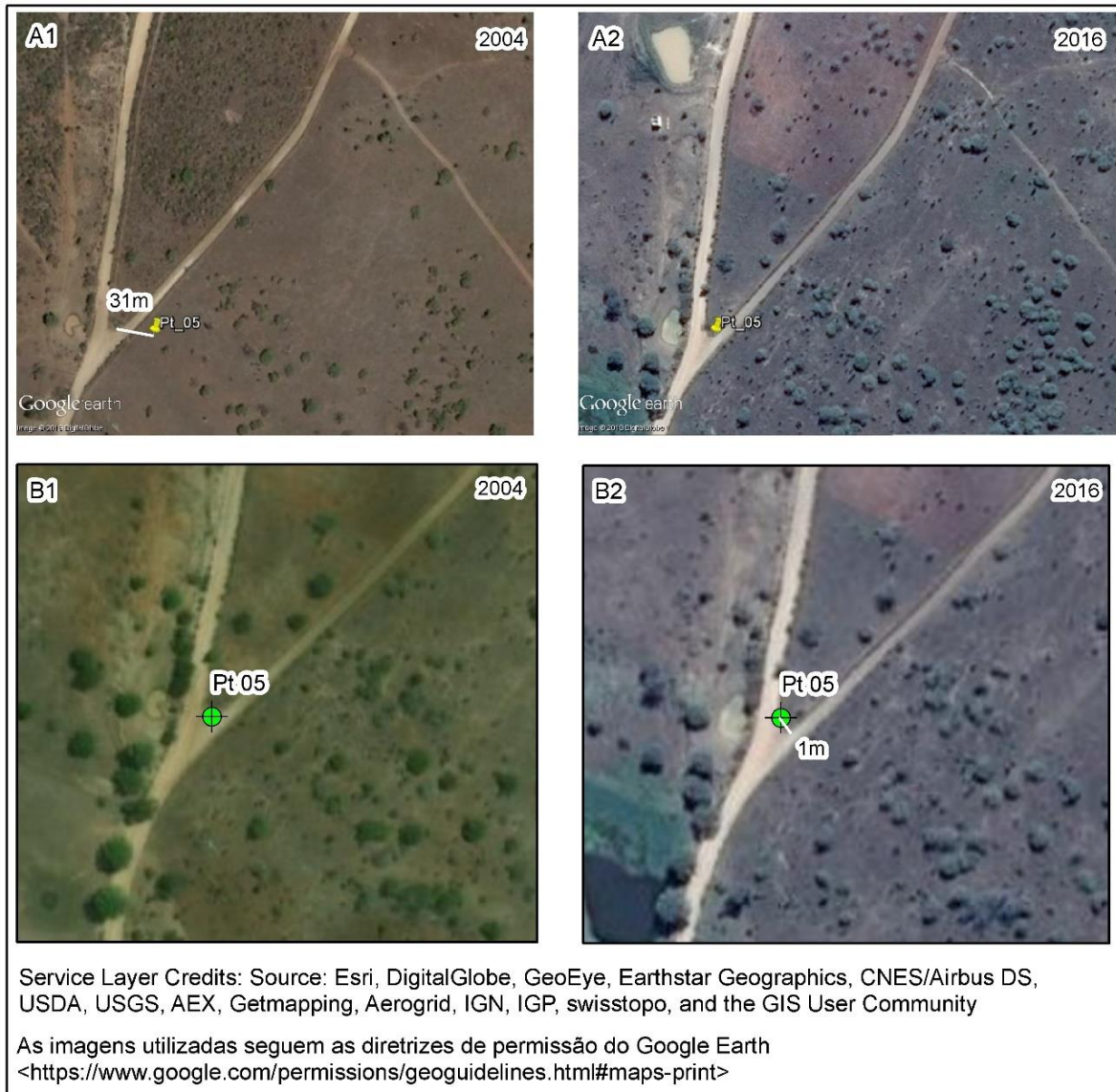
---

<sup>22</sup>Download e instruções para instalação e uso em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5kBHtdl98pc>>.

<sup>23</sup> Antônio Guerra e Antônio José Guerra, 2001.

<sup>24</sup> Jean Tricart, 1965; Herman Verstappen e Robert Zuidan, 1975.

**Figura 2. Exemplos de distorções horizontais entre as imagens dos dois anos**



(A1) entre o ponto de controle e a imagem de 2004 e; (A2) entre o ponto de controle e a imagem de 2016, ambas no ambiente do *Google Earth*<sup>TM</sup>; (B1) entre o ponto de controle e a imagem de 2004 e; (B2) entre o ponto de controle e as imagens de 2016 ambas, no *ArcGIS*<sup>®</sup>.

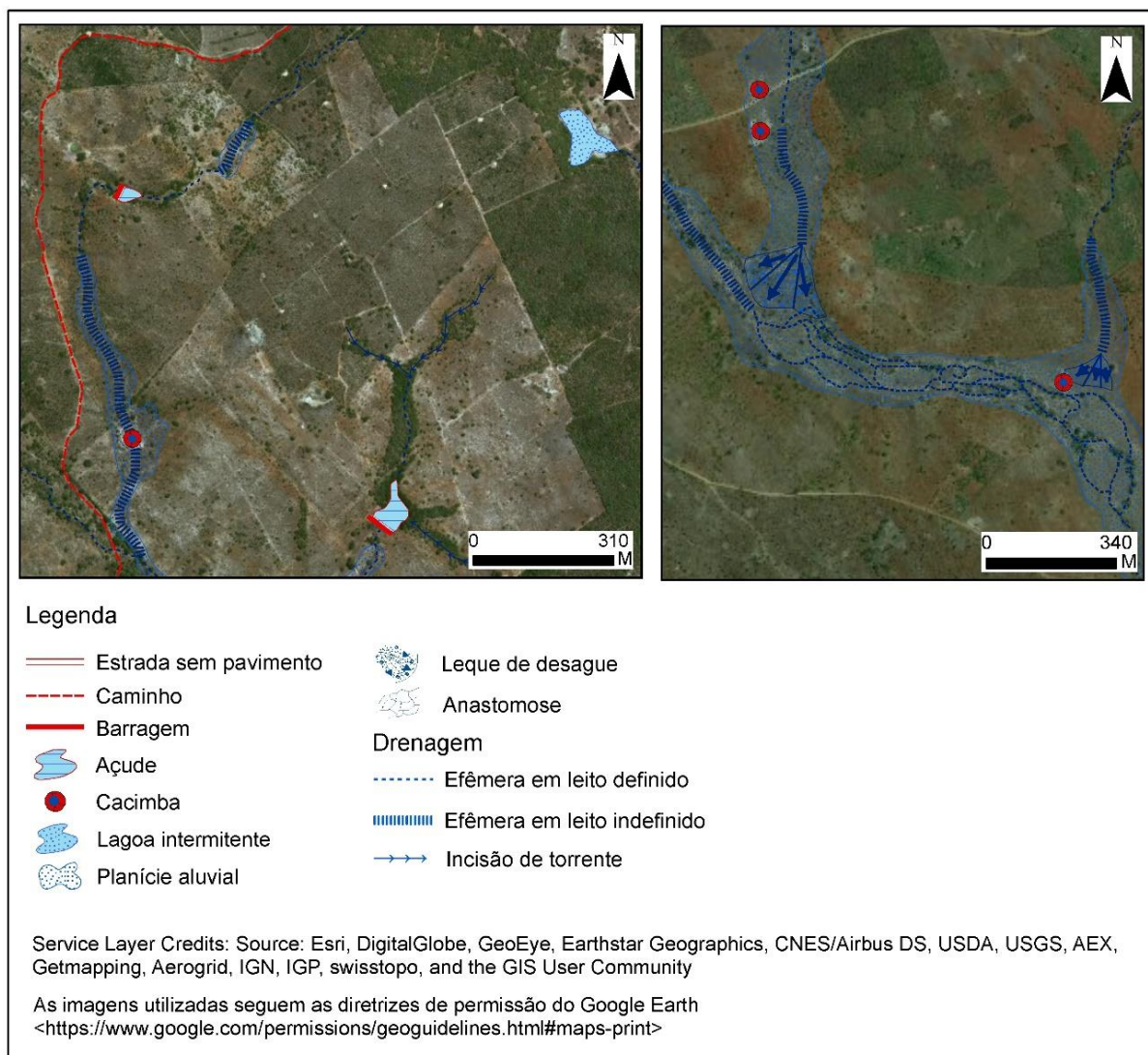
Fonte: Elaborada pelos autores.

## Resultados e discussões

O nível de detalhe proporcionado pelas imagens utilizadas contribuiu com a classificação dos canais de drenagem (figura 3) em: [i] canal efêmero em leito definido, ou seja, canais confinados cujas margens são bem definidas; [ii] canal em leito indefinido, aqueles cujas margens são rasas ou não definidas, havendo confusão, muitas vezes, com caminhos de pedestres; [iii] incisão de torrente ou sulcos erosivos formados sobre a superfície durante as chuvas torrenciais e; [iv] as anastomoses, cujo padrão de drenagem, na área em estudo, é composto por um canal principal e por canais marginais.

Os corpos d'água (figura 3) foram classificados em: [i] açudes (nomenclatura regional), ou seja, corpo hídrico formado junto a barramentos construídos de maneira transversal aos canais de drenagem; [ii] lagoas temporárias ou sazonais, cujo corpo hídrico ocorre sazonalmente. As cacimbas (figura 3) foram categorizadas em: [i] cacimbas abertas na planície aluvial e; [ii] cacimbas abertas no leito do canal de drenagem. Também, foi possível verificar as mudanças na área ocupada por corpos d'água entre os anos de 2004 e 2016.

**Figura 3. Imagem representativa de trechos da bacia do riacho da Cruz contendo as feições mapeadas e as suas classificações**

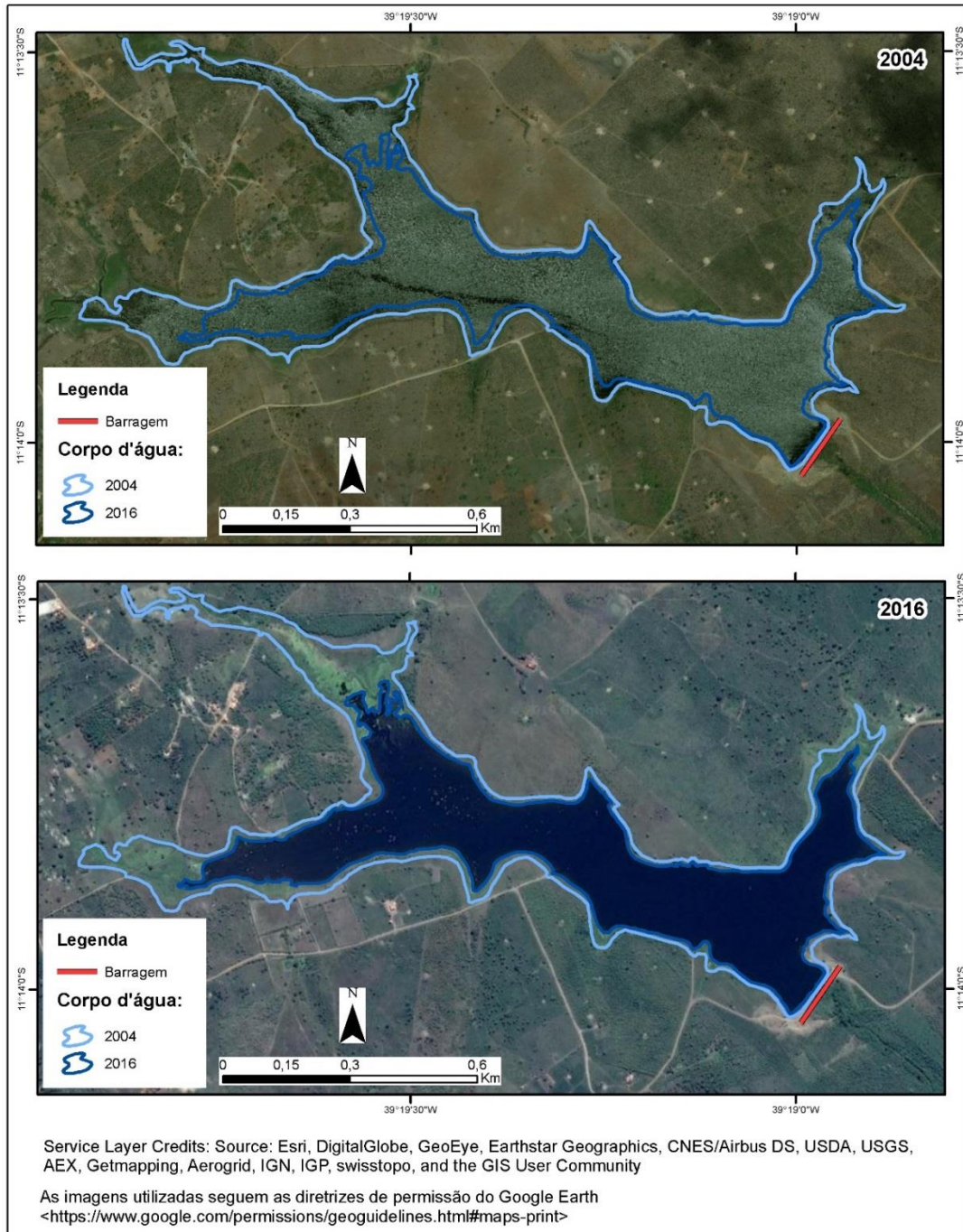


Fonte: Elaborada pelos autores.

Para o Açude Riacho da Cruz (de maior dimensão areal), foi possível verificar que no ano de 2004, a lâmina d'água ocupou área de cerca de 470,7 m<sup>2</sup> e no ano de 2016, a área foi reduzida para cerca de 315,8 m<sup>2</sup> (figura 4). Foi possível observar que na imagem de 2004, a vegetação de entorno do açude estava seca, ao passo que o açude estava cheio, com relação a 2016. Esse comportamento provavelmente decorreu pelo fato da imagem representar o início do período chuvoso regional, onde as altas taxas de evapotranspiração contribuíram para o ressecamento

da vegetação. Situação oposta em 2016, onde a diminuição das águas, em comparação com 2004, está relacionada a um período de recuperação do volume de água do açude, após um longo e severo período de estiagem que atingiu a região<sup>25</sup>.

**Figura 4. Imagens disponibilizadas no *Google Earth™* com a sobreposição da área ocupada pelas águas do Riacho da Cruz em 2004 e 2016**



Fonte: Elaborada pelos autores.

<sup>25</sup>José Marengo, Ana Cunha e Lincoln Alves, 2016.



Na análise temporal, observou-se o aumento no número de barramentos construídos nos canais de drenagem da área em estudo, bem como na quantidade de cacimbas (quadro 1). A distribuição espacial dos açudes demonstrou maior concentração nos setores noroeste e leste da bacia (figura 5), sendo esses os que possuem maior quantidade de pequenas propriedades rurais e de população. As cacimbas apresentaram padrão de distribuição espacial disperso pela bacia (figura 5), sendo a maior ocorrência dessa feição nas planícies aluviais. Entretanto, a quantidade de cacimbas presentes no leito dos canais no ano de 2016 cresceu de maneira mais significativa, passando a uma quantidade 4 vezes maior que em 2004.

De acordo com dados meteorológicos<sup>26</sup> do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o período entre 2004 e 2016 foi marcado por duas ocorrências de *El Niño* moderado (entre 2006-2007 e 2009-2010) e uma ocorrência de *El Niño* forte (entre 2015-2016), além das estiagens habituais e da forte estiagem ocorrida entre 2012 – 2015<sup>27</sup>. Essas variáveis são consideradas como as responsáveis pelo aumento na quantidade de pequenos açudes e de cacimbas. Observa-se que as cacimbas se constituem como única fonte de água<sup>28</sup> em algumas propriedades rurais e pequenas comunidades durante longos períodos de escassez.

**Quadro 1. Feições mapeadas nos anos de 2004 e 2016, bem como os critérios de classificação**

Tipo de feição	Quantidade	
	2004	2016
<b>Segmentos de drenagem</b>	135	138
Efêmera em leito definido	80	80
Efêmera em leito indefinido	33	33
Incisão de torrente	6	6
Anastomose	Canal principal	1
	Canais marginais	18
<b>Corpos d'água</b>	54	64
Açude	35	45
Lagoa intermitente	19	19
<b>Cacimbas</b>	14	28
Em planície aluvial	11	15
Em leito de canal	3	13

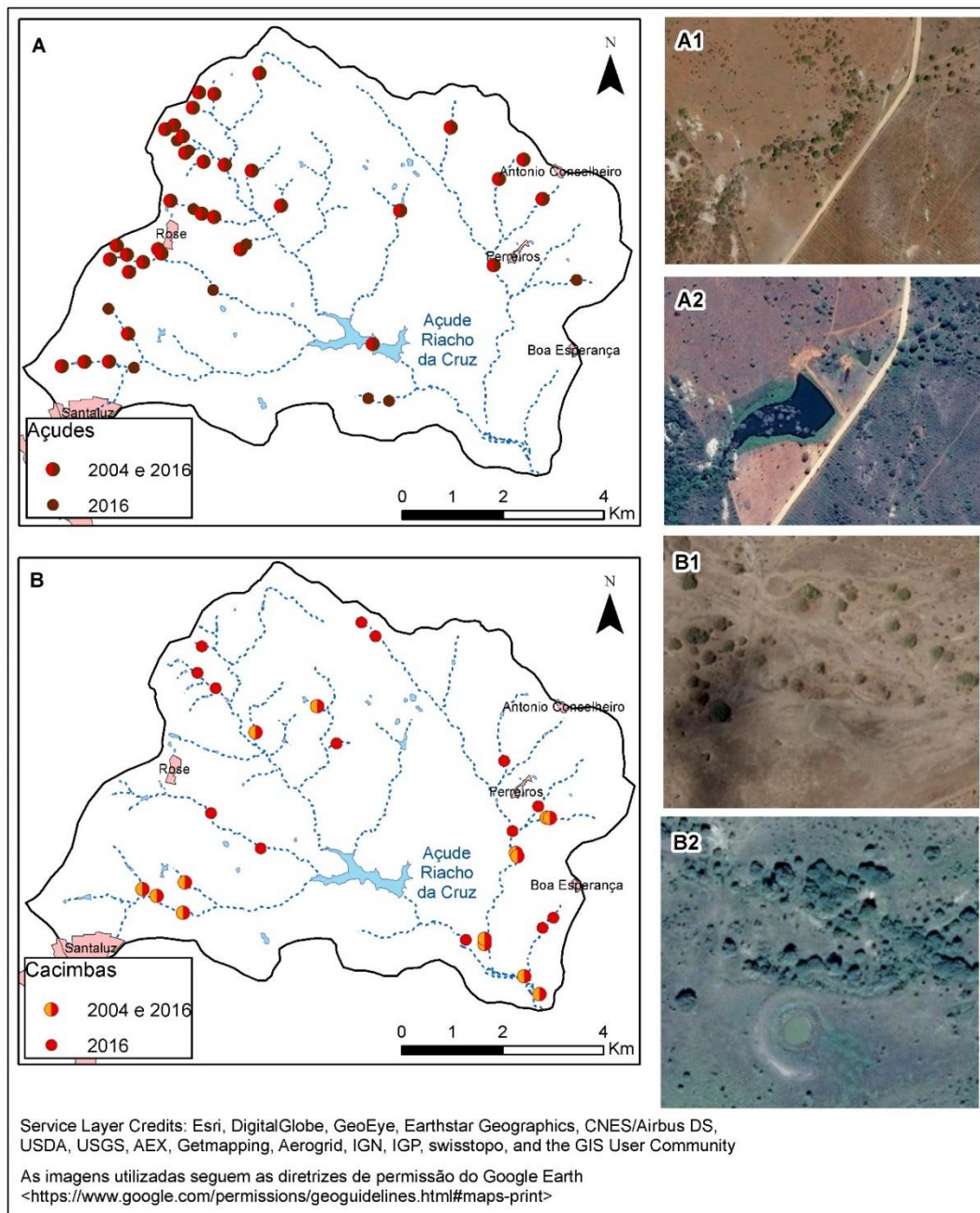
Fonte: Elaborada pelos autores.

<sup>26</sup> Disponível em <<http://enos.cptec.inpe.br/>>.

<sup>27</sup> José Marengo, Ana Cunha e Lincoln Alves, 2016.

<sup>28</sup> Jémison Santos, 2011.

**Figura 5. Distribuição espacial de açudes (A) e cacimbas (B), na bacia hidrográfica do riacho da Cruz**



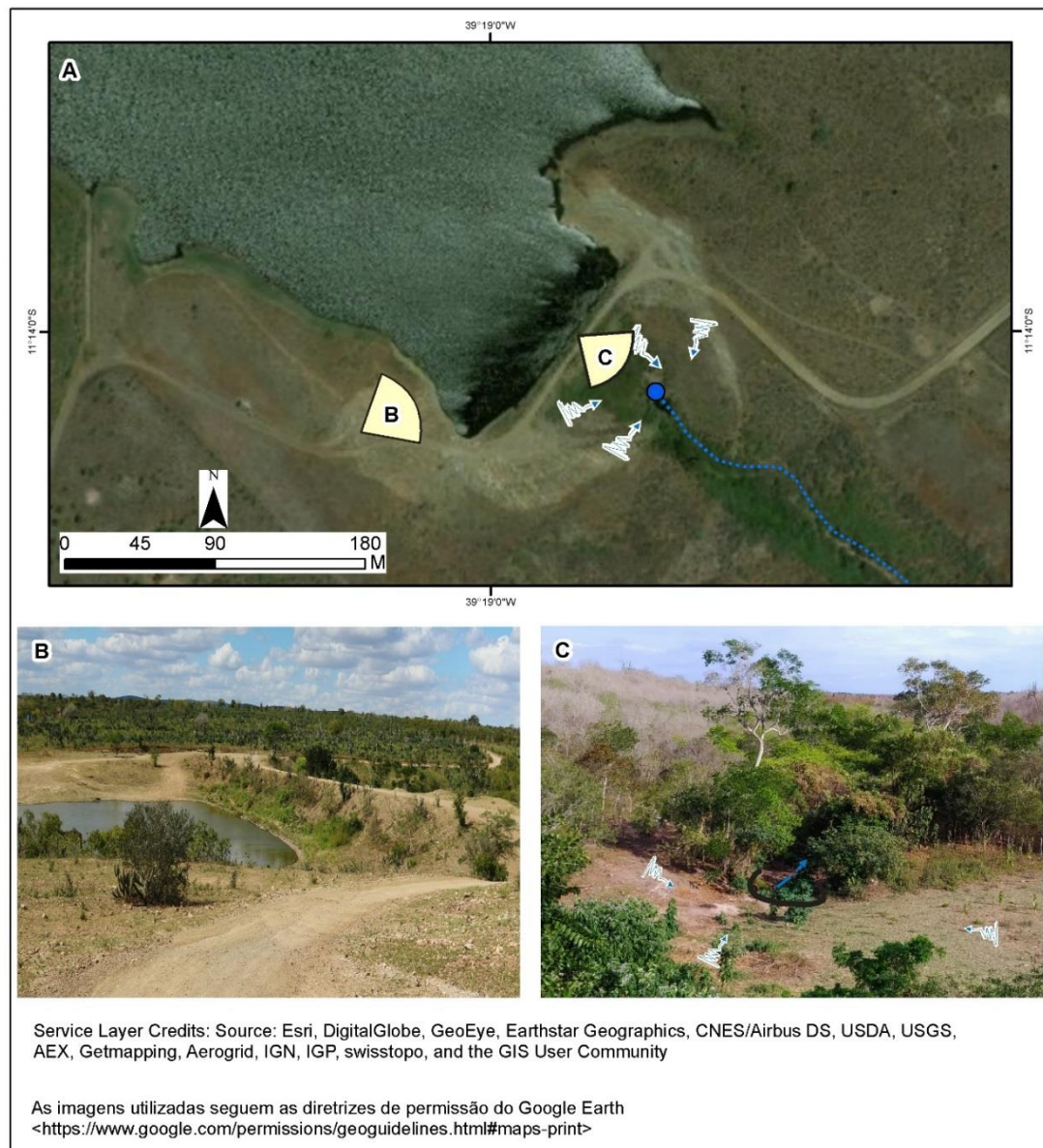
(A1) trecho sem a construção de açude em 2004 e; (A2) com a feição em 2016. (B1) trecho de planície aluvial sem cacimba em 2004 e; (B2) com cacimba em 2016.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Do ponto de vista das feições fluviais, o nível de detalhe das imagens contribuiu com a identificação de pontos de incisão do escoamento superficial que definem o início de canais de drenagem com leitos confinados. Nesse caso em particular, tratam-se de pontos de retomada dos processos erosivos, interrompidos pelos barramentos ao longo dos canais de drenagem (figura 6). Devido à quantidade elevada de açudes nas drenagens, infere-se que o escoamento fluvial apresenta caráter endorréico, onde os barramentos se constituem como zonas de retenção de sedimentos, acentuando a interrupção dos processos de transporte de detritos que

naturalmente, devido à efemeridade dos fluxos, percorrem curtas distâncias<sup>29</sup>. A retenção entre os pontos de incisão e os açudes é potencializado ainda pela ausência de dispositivos de extravasamento das águas nas barragens, durante os períodos com maiores volumes hídricos. Essas barragens são chamadas de passagens molhadas<sup>30</sup>.

**Figura 6. Imagem do trecho inicial do Açude riacho da Cruz**



(A) Direção do escoamento superficial a jusante do barramento; (B) barramento construído transversal ao canal de drenagem, favorecendo a retenção de sedimentos à montante; (C) ponto de incisão do escoamento superficial e erosão do canal de drenagem a jusante da barragem.

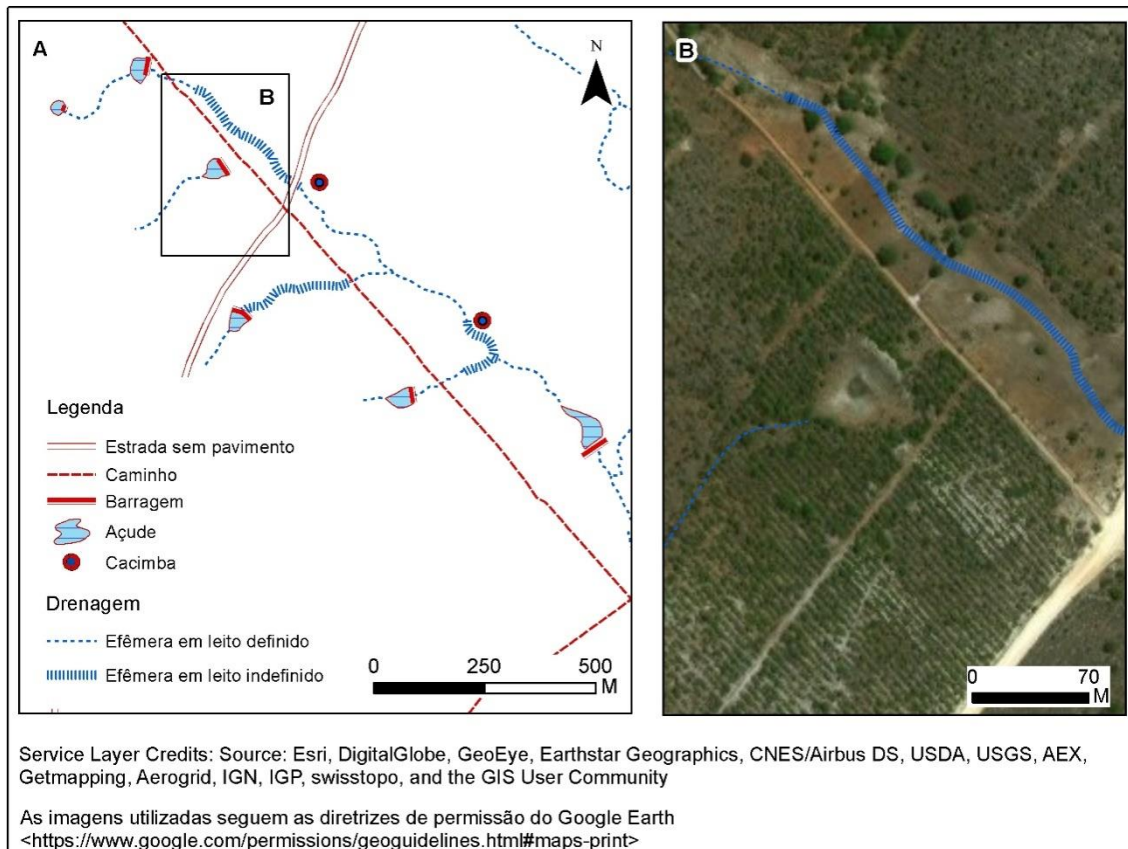
Fonte: Elaborada pelos autores.

<sup>29</sup> William Graff, 1988.

<sup>30</sup> Andréa Cavalcante e Sandra Cunha, 2012; Andréa Cavalcante et al, 2014.

Em algumas situações, a distância percorrida pelo escoamento entre um trecho pós barragem e um afluente, é insuficiente para a realização do trabalho erosivo, corroborando para o entulhamento gradativo do canal e conseqüente desconectividade desses trechos com os demais setores da rede de drenagem (figura 7). Esse se constitui como um dos principais problemas ambientais no semiárido no estado da Bahia<sup>31</sup>, embora situações semelhantes a essa também sejam comuns em outras redes de drenagem do semiárido brasileiro<sup>32</sup>.

**Figura 7. Setor noroeste da bacia hidrográfica do riacho da Cruz**



(A) Concentração de pequenos açudes em distâncias relativamente curtas; (B) destaque para trecho de canal entulhado após barragem, desconectado da rede de drenagem.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Sob essa perspectiva, pode-se inferir que os processos de erosão, transporte e deposição nos canais da rede de drenagem do riacho da Cruz atualmente são controlados por intervenções antrópicas realizadas diretamente nos canais de drenagem que alteram de maneira significativa a morfogênese local, especificamente com a mudança do nível de base a montante e aumento da erosão a jusante das barragens<sup>33</sup>. Ocasionalmente, os fluxos podem percorrer distâncias maiores ao longo do canal, quando da ocorrência do rompimento ou do transbordamento dos fluxos sobre as barragens, em situações de eventos pluviométricos de alta magnitude<sup>34</sup>. Entretanto, na área em estudo, as imagens utilizadas não permitiram a identificação desse tipo de situação sendo que, no caso específico do Açude Riacho da Cruz, relatos de moradores mais

<sup>31</sup>Jémison Santos, 2011.

<sup>32</sup>Jonas Souza e Antônio Carlos Corrêa, 2012 a; Jonas Souza e Antônio Carlos Corrêa, 2012 b; Jonas Souza, 2011.

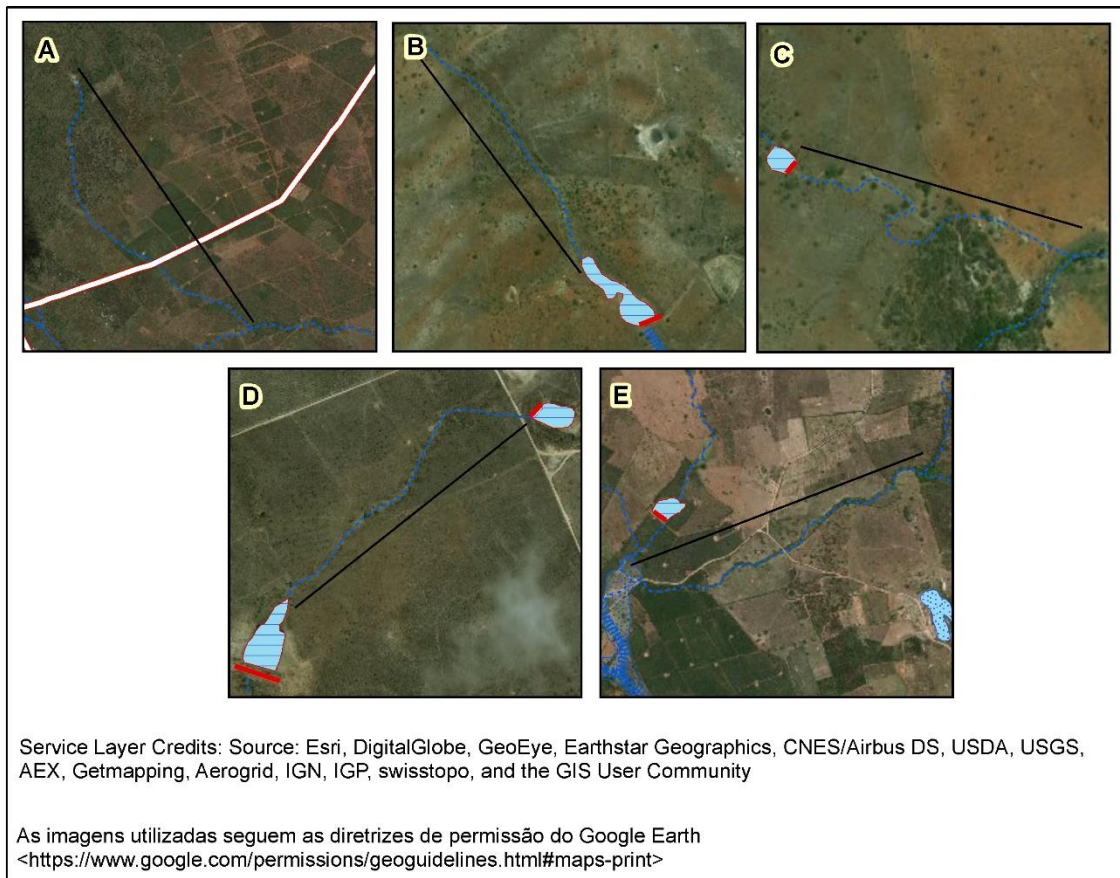
<sup>33</sup>Jonas Souza e Antônio Carlos Corrêa, 2012 a.

<sup>34</sup>William Graff, 1988.

antigos, obtidos em trabalhos de campo, não apontaram para situações de extravasamento desde o ano da sua construção, em 2002.

As cacimbas abertas na planície aluvial e nos leitos contribuem para o aumento na quantidade de sedimentos disponíveis para serem transportados, quando da ocorrência de fluxos. Entretanto, como estes apresentam baixa capacidade de mobilizar material a distâncias mais longas, as cacimbas podem ser consideradas como fontes de material detrítico que contribuirão para o assoreamento dos leitos em trechos relativamente curtos, nas suas proximidades. Considerando-se o contexto ambiental da área em estudo, com quantidades elevadas de pequenos barramentos que alteram significativamente os processos morfogenéticos fluviais da rede de drenagem, as imagens disponibilizadas no *Google Earth*<sup>TM</sup> embasaram a reclassificação dos segmentos fluviais (figura 8), considerando-se que, em contextos semelhantes ao do riacho da Cruz, as mesmas categorias podem ser adotadas.

**Figura 8. Imagens representativas dos diferentes segmentos de drenagem, com os seus pontos inicial e final**



Segmento (A): de um ponto de incisão do escoamento superficial com talvegue definido, até a confluência com o próximo canal; Segmento (B): de um ponto de incisão do escoamento superficial com talvegue definido até o primeiro barramento; Segmento (C): de um ponto de incisão do escoamento superficial, situado após barramento, até a primeira confluência; Segmento (D): de um ponto de incisão do escoamento superficial, situado após barramento, até outro barramento; Segmento (E): situado entre uma confluência e outra.

Fonte: Elaborada pelos autores.

## Considerações finais

Considera-se que o emprego das imagens *Google Earth*<sup>TM</sup>, acessadas diretamente em ambiente SIG apresenta vantagens, dentre as quais, destacam-se: [i] as distorções horizontais apresentadas entre as imagens e o posicionamento real dos fatos geomorfológicos não compromete a interpretação espacial do fenômeno; [ii] a mensuração de feições e processos geomorfológicos se tornam mais precisos, a partir do momento que, em um SIG, é possível realizar cálculos com maior acurácia, além de se aplicar técnicas estatísticas no mesmo *software*, quando necessário; [iii] as possibilidades de sobreposição com imagens orbitais de outras fontes, especialmente nas situações de cobertura da área por nuvens e sombras.

Do ponto de vista das limitações que a metodologia adotada nessa pesquisa pode apresentar, citam-se: [i] a análise temporal se torna comprometida, pois, a depender do fenômeno observado, a comparação entre as imagens se restringe a apenas dois anos; [ii] a necessidade de instalação de uma ferramenta adicional para acessar imagens com anos diferentes e; [iii] o uso simultâneo das duas imagens durante o processo de mapeamento pode dificultar a sua operacionalização, devido ao grande volume de dados processados, além de aumentar o tempo de trabalho. Isso dependerá do nível de detalhe necessário no momento da extração das feições, em função da escala adotada, da quantidade de feições a serem identificadas e das configurações do computador onde o SIG está instalado.

Ainda assim, considera-se que a utilização das imagens disponíveis no *Google Earth*<sup>TM</sup> diretamente em ambiente SIG, apresenta grandes potencialidades para a identificação e mapeamento de feições antropogênicas que causam interferências diretas em redes de drenagem. Para regiões como o semiárido brasileiro, que apresentam pouca disponibilidade de produtos orbitais gratuitos e de qualidade, essas fontes são excelentes alternativas para a representação cartográfica, em nível de detalhe, de diferentes temas sobre o relevo, favorecendo a elaboração de produtos cartográficos de alta qualidade.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estágio pós-doutoral (processo nº 88882.317847/2019-01).

## Recursos digitais e referências bibliográficas

ALLEN, T. R. Digital Terrain Visualization and Virtual Globes for Teaching Geomorphology. *Journal of Geography* [On-line], 2008, vol. 106, nº 6, p. 253-266 <<https://doi.org/10.1080/00221340701863766>> [1 de junho de 2019].

AMORIM, R.F. *Integração entre dinâmicas geomorfológicas multitemporais no Planalto da Borborema, semiárido do NE do Brasil*. Tese (Doutorado em Geografia) Centro de Filosofia e Ciências Humanas – CFCH. Recife, 2015, 193 p. <[https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/16934/1/Tese%20Rodrigo%20de%20Freitas%20Amorim\\_biblioteca.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/16934/1/Tese%20Rodrigo%20de%20Freitas%20Amorim_biblioteca.pdf)> [1 de maio de 2019].

BILLI, P.; DEMISSIEB, B.; NYSSENC, J.; MOGESD, G.; FAZZINI, M. Meander hydromorphology of ephemeral streams: Similarities and differences with perennial rivers.

*Geomorphology* [On-line], 2018, vol. 319, p. 35–46  
<<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.07.003>> [17 de abril de 2019].

BOARDMAN, J. The value of Google Earth™ for erosion mapping. *Catena* [On-line], 2016, vol. 143, p. 123–127 <<https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.03.031>> [17 de abril de 2019].

CAVALCANTE, A. A.; CUNHA, S. B. Morfodinâmica Fluvial em Áreas Semiáridas: Discutindo o Vale do Rio Jaguaribe-CE-Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia* [On-line], 2012, vol. 12, n° 1, p.39-49 <<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v13i1.340>> [10 de junho de 2019].

CAVALCANTE, A. A.; BEZERRA, M. B.; COELHO, G. K. S.; BALTAZAR, J. J. Estudo das passagens molhadas à jusante da barragem do Castanhão-CE e possíveis alterações na dinâmica fluvial. *Revista Geonorte* [On-line], 2014, vol. 5, n° 20, p. 291-297 <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/issue/view/122>> [10 de junho de 2019]. ISSN 2237-1419.

CONSTANTINE, J.A., DUNNE, T. Meander cut off and the controls on the production of oxbow lakes. *Geology* [On-line]. 2008, vol. 36, n° 1, p. 23–26 <<https://doi.org/10.1130/G24130A.1>> [18 de abril de 2019].

CONTRERAS, L. M. Una propuesta en geoimágenes: Google Earth. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* [En línea]. 2006, vol. 14, n° 2, p. 108-117 <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2902150>> [10 de maio de 2019]. ISSN 1132-9157.

FERREIRA, B. A região semiárida nordestina: utilização dos dados SRTM para o mapeamento geomorfológico de parte dos municípios de Jatobá Petrolândia e Tacaratu, Sub-Médio São Francisco, PE. *Ciência e Natura* [On-line]. 2010, vol. 32, n°.1, p. 143 – 158 <<http://dx.doi.org/10.5902/2179460X9503>> [18 de abril de 2019].

GRAF, W.L. *Fluvial processes in Dryland Rivers*. Berlin: Spring-Verlag, 1988.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, 9ª ed.

HECK SIMON, A. L.; TRENTIN, G. Elaboração de cenários recentes de uso da terra utilizando imagens do Google Earth. *Ar@cne*. Revista electrónica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales. [En línea. Acceso libre]. 2009, n° 116 <<http://www.ub.es/geocrit/ aracne/aracne-116.htm>> [22 de abril de 2019].

LIMA, K.C. *O Holoceno Superior na bacia do rio Itapicuru (Bahia/Brasil): proposição de cenário para o baixo curso e planície costeira*. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2017, 127 p. <[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/325411/1/Lima\\_KleberCarvalho\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/325411/1/Lima_KleberCarvalho_D.pdf)> [2 de maio de 2029].

LIMA, K. C.; CUNHA, C. M. L. DA; FILHO, A. P. Dificuldades e possibilidades da cartografia geomorfológica no semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Cartografia* [On-line]. 2013, vol.

65, n° 6, p. 1063-1073  
<<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43880/23144>> [7 de março de 2019]. ISSN 1808-0936.

LIMA, K. C.; CUNHA C. M. L da. Atualização cartográfica da rede de drenagem para estudo geomorfológico de rios intermitentes e efêmeros do semiárido. *Revista Brasileira de Cartografia* [On-line]. 2014, vol. 66, n° 1, p. 127-136. <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43901>> [7 de março de 2017].

LIMA, K. C.; CUNHA, C. M. L.; PEREZ FILHO, A. Relações entre redes de drenagem e superfícies de aplainamento semiáridas. *Mercator* [On-line]. 2016, vol.15, n°2, p.91-104 <<http://dx.doi.org/10.4215/RM2016.1502.0006>> [7 de março de 2019].

LIMA, K.C.; LUPINACCI, C. M. Morfologias fluviais em ambiente semiárido: Questões teóricas aplicadas a um estudo de caso. *Revista Brasileira de Geomorfologia* [On-line]. 2019, vol.20, n° 3, p.475-490 <<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i3.1597>> [6 de julho de 2019].

LIU, B.; COULTHARD, T.J. Mapping the interactions between rivers and sand dunes: Implications for fluvial and aeolian geomorphology. *Geomorphology* [On-line]. 2015, vol. 231, p. 246–257 <<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.12.011>> [17 de abril de 2019].

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Climanálise* [On-line]. 2016, vol. 3, p. 1-6. <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/marengoetal.pdf>> [21 de abril de 2019].

MEDEIROS SUIZU, T.; ROCHA, P. C. Proposta metodológica para a elaboração de perfil longitudinal de vale baseada em softwares livres: estudo de caso no vale do Rio Aguapeí, SP, Brasil. *Ar@cne. Revista Electrónica de Recursos de Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales*. [En línea]. 2017, n° 219. <<http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-219.pdf>> [23 de abril de 2019].

MOHAMMED, N.Z.; GHAZI, A.; MUSTAFA, H.E. Positional Accuracy Testing of Google Earth. *International Journal of Multidisciplinary Science and Engineering* [On-line], 2013, vol. 4, n° 6, p. 6-9 <[www.ijmse.org/Volume4/Issue6/paper2.pdf](http://www.ijmse.org/Volume4/Issue6/paper2.pdf)> [9 de abril de 2019].

OLIVEIRA, G.P.; BISPO, C.O.; NASCIMENTO, D.A.; SILVA, O.G. O Google Earth™ como uma ferramenta de apoio aos estudos preliminares de geomorfologia fluvial: estudo de caso no riacho de vila maria, Garanhuns (PE). *Geosaberes* [On-line]. 2018, vol. 9, n° 18, p. 1 - 10. <<https://doi.org/10.26895/geosaberes.v9i18.656>> [5 de junho de 2019].

PARON, P.; CLAESSENS, L. *Makers and Users of Geomorphological Maps*. In SMITH, M.J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J.S. (eds.) *Geomorphological mapping: methods and applications*. Oxford: Elsevier, p. 75-106, 2011.

PINTON, L.G.; TRAVALINI, V.; CUNHA, C.M.L. O uso do Google Earth na análise de mudanças na morfologia da rede hidrográfica: casos de municípios litorâneos brasileiros. *Ar@cne. Revista electrónica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales*. [En



línea. Acceso libre]. 2011, nº 149 <<http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-149.htm>> [22 de abril de 2019].

SANTOS, J. M. 2011. *Estratégias de convivência para a conservação dos recursos naturais e mitigação dos efeitos da desertificação no semiárido*. In LIMA, R.C.C.; CAVALCANTE, A.M.B.; MARIN, A.M.P. (Eds) *Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro*. Campina Grande: INSA, p. 163-184 <<https://portal.insa.gov.br/images/acervo-livros/Desertifica%C3%A7%C3%A3o%20e%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20no%20Semi%C3%A1rido%20Brasileiro.pdf>> [21 de abril de 2019].

SANTOS, L.A. *Geomorfologia e Quaternário do rio Vaza-Barris, Nordeste, Brasil*. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, SP, 2015. 79 p. <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138521/000864290.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [1 de maio de 2019].

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). *Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil*. Carta geológica – Escala 1: 250.000 (Folha Serrinha SC.24-Y-D). 2010 <[www.cprm.br/geobank](http://www.cprm.br/geobank)> [18 de março de 2019].

SILVA, R. N.; GOMES, D. D. N.; LIMA, C. E. S.; GOLDFARB, M. C. Uso do índice RDE para determinação de anomalias de drenagem no Rio Capibaribe (PE). *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* [On-line] 2016, vol. 20, nº 1, p. 552–565 <<http://dx.doi.org/10.5902/2236117019951>> [16 de abril de 2019].

SIMON, A. L. H.; CUNHA, C. M. L. Alterações geomorfológicas derivadas da intervenção de atividades antrópicas: análise temporal na bacia do Arroio Santa Bárbara - Pelotas (RS). *Revista Brasileira de Geomorfologia* [On-line]. 2008, vol.9, nº 2, p.29-38. <<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v9i2.107>> [2 de maio de 2019].

SOUZA, J. O. P. Sistema fluvial e açudagem no semiárido, relação entre a conectividade da paisagem e dinâmica da precipitação, na bacia de drenagem do riacho do saco, Serra Talhada, Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2011. 166 p. <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6031>> [2 de maio de 2019].

SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B. Sistema Fluvial e Planejamento Local no Semiárido. *Mercator* [On-line] 2012 a, vol. 11, nº 24, p. 149-168. <<http://dx.doi.org/10.4215/RM2012.1124.0010>> [10 de julho de 2019].

SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B. Conectividade e área de captação efetiva de um sistema fluvial semiárido: bacia do riacho Mulungu, Belém de São Francisco-PE. *Sociedade e Natureza* [On-line]. 2012 b, vol.24, nº2, p. 319-332 <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132012000200011>> [10 de julho de 2019].

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI), 1999. *Balanço hídrico do estado da Bahia*. Salvador: SEI.

TOOTH, S. Virtual globes: a catalyst for there-enchancement of geomorphology? *Earth Surface, Processes and Landforms* [On-line]. 2006, vol. 31, n.º. 9, p.1192–1194 <<https://doi.org/10.1002/esp.1383>> [18 de abril de 2019].

TOOTH, S.; MCCARTHY, T.; RODNIGHT, H.; KEEN-ZEBERT, A.; ROWBERRY, M.; BRANDT, D. Late Holocene development of a major fluvial discontinuity in floodplain wetlands of the Blood River, eastern South Africa. *Geomorphology* [On-line], 2014, vol. 205, p. 128–141 <<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.12.045>> [6 de abril de 2019].

TOOTH, S. Spotlight on... Google Earth as a resource. *Geography* [On-Line], 2015, v. 100, n.º 1, p. 51-56 <<https://search.proquest.com/docview/1680229076/fulltextPDF/38091BCDDD894BD3PQ/1?accountid=8113>> [20 de abril de 2019].

TOOTH, S. 2013. *Google Earth™ in geomorphology: re-enchancing, revolutionizing, or just another resource?* In SHRODER, J. (Editorin Chief), SWITZER, A. D., KENNEDY, D. M. (eds.) *Treatise on Geomorphology*. San Diego: Academic Press, vol.14, Methods in Geomorphology, p. 53 – 64.

TRICART, J. *Pinciples et méthodes de la géomorphologie*. Paris: Masson, 1965.

TUTTLE, B. T.; ANDERSON, S.; HUFF, R. Virtual globes: an overview of their history, uses, and future challenges. *Geography Compass* [On-line]. 2008, vol. 2, n.º 5, p. 1478–1505 <<https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2008.00131.x>> [2 de maio de 2019].

VERSTAPPEN, H. T.; ZUIDAM, R.A.V., 1975. *ITC System of geomorphological survey*. Enschede: ITC, 3ª ed.

© Copyright: Kleber Carvalho Lima, Cenira Maria Lupinacci, 2019.

© Copyright: Ar@cne, 2019.

Ficha bibliográfica:

LIMA, Kleber Carvalho; LUPINACCI, Cenira Maria. Cartografia de alterações antrópicas em redes de drenagem semiáridas: possibilidades de avaliação por meio de imagens *Google Earth™*. *Ar@cne. Revista Electrónica de Recursos de Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales*. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, n.º 237, 1 de diciembre de 2019. <<http://www.ub.edu/geocrit/ aracne/aracne-237.pdf>>. ISSN: 1578-0007.

**Menú principal de Geo Crítica**

**Índice de Ar@cne**