

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
COMPORTAMENTO E BIOLOGIA ANIMAL**

**Lúcio Moreira Campos Lima**

**Modelagem de distribuição geográfica para *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae), Brasil**

**Juiz de Fora  
Fevereiro 2014**

Lúcio Moreira Campos Lima

**Modelagem de distribuição geográfica para *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae), Brasil**

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração em Comportamento e Biologia Animal).

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Bernadete Maria de Sousa**

**Juiz de Fora**

**Fevereiro 2014**

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Moreira Campos Lima, Lúcio.

Modelagem de distribuição geográfica para *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae), Brasil / Lúcio Moreira Campos Lima. -- 2014.  
63 f.

Orientadora: Bernadete Maria de Sousa

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Comportamento Animal, 2014.

1. Cágado-pescoço-de-cobra. 2. Máxima Entropia. 3. Mata Atlântica. 4. Distribuição geográfica potencial. I. Maria de Sousa, Bernadete, orient. II. Título.

Lúcio Moreira Campos Lima

**Modelagem de distribuição geográfica para *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae), Brasil**

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração em Comportamento e Biologia Animal).

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Bernadete Maria de Sousa (Orientadora)  
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

---

Prof. Dr. Oscar Rocha-Barbosa  
Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ)

---

Prof. Dr. Leonardo Barros Ribeiro Universidade Federal do Vale do São Francisco  
(UNIVASF)

À minha família, aos amigos e à  
*Hydromedusa maximiliani*, eu dedico  
este trabalho.

## **Agradecimentos**

Agradecimentos especiais à orientadora desta dissertação, Dr<sup>a</sup>. Bernadete Maria de Sousa, quem me iniciou ao estudo dos répteis há 7 anos, me apresentou ao cágado *Hydromedusa maximiliani*, me incentivou e forneceu diversas oportunidades e experiências ao longo desses anos.

Aos meus pais Fábio Campos Lima e Maria Tereza de Paula Campos, irmãos Leonardo Lima, Melina Lima e Larissa Lima e a minha querida sobrinha Beatriz Hott Maia Lima, por serem a base da minha vida, pelo amor incondicional, pela constante educação e pela paciência e tolerância.

Ao amigo Marcio Malafaia, que me auxiliou em diversos momentos nebulosos na confecção dos mapas.

À amiga Iara Novelli, que me ajudou muito com artigos e sugestões pertinentes.

Ao Amigo Erik Daemon, pelos conselhos valiosos.

Aos amigos e companheiros Pilar Cozendey, Sarah Silva e Robson Henrique de Carvalho que tornaram meus dias na UFJF mais agradáveis e “termorregulados”.

Aos professores do Departamento de Zoologia, pelo apoio e ensinamentos.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa concedida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Juiz de Fora – Comportamento e Biologia Animal por todo apoio oferecido para a execução deste trabalho.

Muito Obrigado!

“Os quelônios são criaturas pacíficas e de tal forma que nos dão a impressão que a luta pela vida, em lugar de procurarem armas para atacar, preferiram ganhar couraças para se defender.

À bruteza dos seres ferozes que os cercam e lhes disputam a carne, eles oferecem a força da inércia, a tenacidade da sua resignação, uma calma britânica, uma paciência infinita, que cansa e vence o inimigo.”

Eurico Santos

## Resumo

O cágado-pescoço-de-cobra, *Hydromedusa maximiliani*, é uma espécie endêmica da Mata Atlântica e ameaçada de extinção na categoria Vulnerável pela IUCN, cujas populações estão associadas principalmente com riachos de interior de mata, mas a distribuição geográfica relacionada com esses ambientes hidrologicamente dinâmicos ainda é pouco entendida. Modelagem de Distribuição de Espécies tem sido uma ferramenta amplamente usada nos últimos anos. O algoritmo da Máxima Entropia, Maxent, permite prever a distribuição geográfica potencial de espécies a partir de dados de presença. Este estudo teve por objetivos construir modelos ecológicos para prever a distribuição potencial de *H. maximiliani* que poderão fornecer subsídios para elaboração de novas estratégias de conservação e, dessa forma contribuir com o avanço no conhecimento sobre o padrão de sua distribuição em regiões com domínio da Mata Atlântica. Os Dados de ocorrência foram obtidos, entre setembro de 2012 e setembro de 2013, através de visitas às coleções zoológicas, levantamentos bibliográficos e coleta de coordenadas geográficas no campo. Para a construção do modelo foi usado o algoritmo Maxent, auxiliado pelo ArcGis versão 10 e pelo modelo digital de elevação do “Shuttle Radar Topographic Mission”. As variáveis ambientais foram obtidas pelo Worldclim version 1.1 Global Climate Surface 10. O modelo foi avaliado pelo valor de AUC (Area Under the ROC Curve) e pelo teste estatístico Jackknife. Foram compilados 42 pontos para a distribuição da *H. maximiliani*. A distribuição potencial se estendeu desde o sul da Bahia até o estado de São Paulo. O modelo gerado mostrou uma alta capacidade preditiva, com valor AUC superior a 0,97, e apresentou uma transferabilidade satisfatória (i.e. capacidade para prever distribuições em regiões não amostradas). O alto valor AUC evidencia um bom modelo de distribuição geográfica potencial de espécies. No entanto, em modelos de larga escala, esse valor pode-se apresentar proporcional ao tamanho da escala, o que levaria a uma interpretação equivocada do modelo. Contudo, as áreas previstas para a distribuição da *H. maximiliani* no presente estudo mostraram-se realistas e condizentes com a distribuição real da espécie.

Palavras chave: Cágado-pescoço-de-cobra, Máxima Entropia, Mata Atlântica, Distribuição geográfica potencial



## Abstract

The Maximilian's snake-necked-turtle, *Hydromedusa maximiliani*, is specie endemic to the Atlantic Forest and endangered in category Vulnerable by IUCN, whose populations are mainly associated with streams inside the forest, but the geographical distribution related to these environments hydrologically dynamic is poorly understood. Species Distribution Modeling has been a tool widely used in recent years. The Maximum Entropy algorithm, Maxent predicts the potential geographic distribution of species from presence data. This study aimed to build ecological models to predict the potential distribution of *H. maximiliani* that may provide support for development of new strategies for the conservation and thus contribute to the advancement in knowledge about the pattern of their distribution in regions with the Atlantic Forest domain. The occurrence data were obtained between September 2012 and September 2013, through visits to the zoological collections, bibliographic and collection of geographic coordinates in the field. To construct the model we used the Maxent algorithm, aided by ArcGIS version 10 and the digital elevation model of the "Shuttle Radar Topographic Mission". The environmental variables were obtained by Worldclim version 1.1 Cimate Global Surface 10. The model was endorsed by the AUC (Area Under the ROC Curve) and the statistical test Jackknife. 42 points were compiled for the distribution of *H. maximiliani*. The potential distribution extended from southern Bahia to São Paulo. The generated model showed high predictive ability, with higher AUC value to 0.97, and showed a satisfactory transferability (i.e. ability to predict distributions in regions not sampled ). The high AUC value shows a good distribution model geographic potential of species. However, in models of large scale, this value can be presented proportional to the size of the scale, which would lead to a misinterpretation of the model. However, the areas provided for the distribution of *H. maximiliani* in this study are realistic and consistent with the distribution realityof the species.

Keywords: Snake-necked-turtle, Maximum Entropy, Atlantic Forest, Potential geographic distribution

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Distribuição conhecida para <i>Hydromedusa maximiliani</i> no Brasil.....	<b>23</b>
<b>FIGURA 2:</b> Modelagem preditiva de distribuição para <i>Hydromedusa maximiliani</i> no Brasil .....	<b>24</b>
<b>FIGURA 3:</b> Taxa de omissão em função da área prevista de distribuição para <i>Hydromedusa maximiliani</i> no Brasil .....	<b>25</b>
<b>FIGURA 4:</b> Sensibilidade versus especificidade da área prevista para <i>Hydromedusa maximiliani</i> .....	<b>26</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1:</b> Latitude, longitude, localidade e procedência dos pontos conhecidos para a distribuição de <i>Hydromedusa maximiliani</i> . MN-UFRJ = Museu Nacional do Rio de Janeiro, MBPML = Museu de Biologia Professor Mello Leitão, CHUFV = Coleção Herpetológica da Universidade Federal de Viçosa, CHUFJF = Coleção Herpetológica da Universidade Federal de Juiz de Fora, R.P.C. = Registro Pessoal em Campo, CHUFOP = Coleção Herpetológica da Universidade Federal de Ouro Preto, CHUNIRIO = Coleção Herpetológica da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, ZUFRJ = Coleção Herpetológica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. ....	<b>21</b>
<b>TABELA 2:</b> Estimativa das contribuições relativas das variáveis ambientais para elaboração da modelagem preditiva de distribuição para <i>Hydromedusa maximiliani</i> Jackknife .....	<b>25</b>

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
MATERIAL E MÉTODOS .....	16
1. <i>Área de estudo</i> .....	16
2. <i>Coleta dos dados bióticos</i> .....	16
3. <i>Coleta dos dados abióticos</i> .....	18
4. <i>Construção do modelo</i> .....	18
5. <i>Análise dos dados</i> .....	19
RESULTADOS.....	20
DISCUSSÃO .....	26
CONCLUSÕES .....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31
ANEXOS .....	37

## MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA PARA *Hydromedusa Maximiliani* (MIKAN, 1820) (TESTUDINES, CHELIDAE), BRASIL

### Introdução

A Mata Atlântica é a segunda maior floresta tropical do continente americano, concentrando elevada riqueza e grande número de espécies endêmicas (Galindo-Leal & Camara 2003), sendo considerada um dos 25 *hotspots* de biodiversidade do mundo (Myers *et al.* 2000). No entanto, desde a época da colonização, as interferências dos sucessivos ciclos de exploração econômica e das expansões urbana e agroindustrial comprometeram a integração ecológica desse ecossistema, resultando na perda de mais de 93% de sua área original (Myers *et al.* 2000). A cobertura vegetal remanescente hoje é reduzida a fragmentos, na maioria das vezes, pequenos e muito separados entre si.

Endêmica do bioma Mata Atlântica, *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae), popularmente conhecida como cágado-pescoço-de-cobra ou cágado-do-pescoço-longo, é considerada pela “International Union for Conservation of Nature” como uma espécie vulnerável (IUCN 2013), Criticamente Ameaçada em Minas Gerais e Vulnerável nos estados de São Paulo e Espírito Santo (Martins & Molina 2008).

*Hydromedusa maximiliani* é um cágado de água doce de pequeno porte com massa corporal chegando até 520g (Souza & Martins 2009). Frequentemente são encontrados habitando riachos estreitos (0,60 – 1,80m de profundidade) e rios (2,10 – 6,80m de profundidade) de águas translúcidas e relativamente frias (14,5 – 20°C), com fundo argiloso ou arenoso, pedras e folhas de vegetação na margem (Guix, Miranda & Nunes 1992). Sua distribuição está associada a regiões montanhosas da Mata Atlântica com altitude acima de 600m, sendo que até o momento a distribuição conhecida abrange algumas regiões dos estados da Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (Iverson 1992; Argôlo & Freitas 2002; Souza & Martins 2009). Também são encontradas populações residentes na Ilha Grande (Rio de Janeiro) e na Ilha Bela (São Paulo). De acordo com Souza & Martins (2009) interações ecológicas entre *H. maximiliani* e *H. tectifera* Cope,

1869 podem explicar alguns padrões de distribuição local. Estas duas espécies podem ser encontradas em simpatria em regiões montanhosas acima de 600m de altitude. Em contrapartida, em áreas onde *H. tectifera* é ausente é possível encontrar *H. maximiliani* abaixo de 600m (Souza 2005; Souza & Martins 2009).

A dieta de *H. maximiliani* abrange itens alimentares como pequenos invertebrados aquáticos, larvas e náíades de insetos e alguns crustáceos que são encontrados no ambiente aquático (Souza & Abe 1995; Souza & Abe 1997b; Novelli & Sousa 2006; Novelli *et al.* 2013), apresentando uma maior seletividade por larvas de insetos aquáticos e invertebrados terrestres da classe Insecta (Novelli *et al.* 2013). Além da importância do ambiente terrestre para o forrageio, destacada por Novelli *et al.* (2013), ainda sim, vale mencionar a importância do mesmo para a hibernação e postura (Famelli *et al.* 2011), comportamentos estes que podem influenciar na capacidade de dispersão da *H. maximiliani*.

Os quelônios, de forma geral, apresentam uma alta longevidade, de forma que *H. maximiliani* pode atingir por volta de 100 anos de idade em seu habitat natural (Famelli *et al.* 2011). Esse fato representa uma das maiores dificuldades para a obtenção de dados a longo prazo (Martins 2006; Martins & Souza 2009). A maturidade sexual é tardia, com machos atingindo-a com 12 anos de idade e as fêmeas aos 15 anos (Famelli *et al.* 2011; Martins & Souza 2009).

Por esses motivos, *H. maximiliani* tem sido um constante alvo de trabalhos científicos e vem sendo estudada desde 1990 (Yamashita 1990). Ao longo das últimas décadas os trabalhos se concentraram em duas Unidades de Conservação: no Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo (Yamashita 1990; Guix, Miranda & Nunes 1992; Souza 1995; Souza & Abe 1997a; Souza & Abe 1997b; Souza & Abe 1998; Souza *et al.* 2002; Martins & Souza 2008; Famelli 2009; Famelli *et al.* 2012) e na Reserva Biológica Municipal Santa Cândida, Juiz de Fora (Moreira 1994; Chagas & Raposo-Filho 1999; Novelli & Sousa 2006; Novelli & Sousa 2007; Novelli *et al.* 2009; Novelli *et al.* 2013). No entanto, alguns aspectos sobre o ciclo de vida e seleção de habitat para desova, biologia reprodutiva e termorregulação ainda permanecem desconhecidos (Famelli *et al.* 2012). Embora o número de pesquisas sobre os cágados brasileiros tenha aumentado significativamente, estudos de distribuição

geográfica potencial para *H. maximiliani* são inexistentes e estudos de distribuição geográfica conhecida são raros (Ernest & Barbour 1989; Moreira 1994; Argôlo & Freitas 2002; Souza & Martins 2009).

A ideia de nicho foi usada pela primeira vez por Joseph Grinnell em 1917, que a definiu como um espaço abstrato ocupado por uma espécie, onde as características fisiológicas e comportamentais estão ligadas às condições e recursos existentes. Posteriormente, Elton (1927) surge com a ideia de referir nicho ao espaço físico ocupado pela espécie, relacionando as condições ambientais com os outros organismos, propondo uma hierarquia trófica que determina o *status* da espécie na comunidade. Por fim, a última definição de nicho vem por Hutchinson (1957), através da definição multidimensional de nicho, ou nicho-fundamental, que é a determinante das propriedades ecológicas de uma espécie, mas o autor não distingue variáveis ambientais de característica bióticas.

Os modelos de distribuição de espécies, também conhecido como modelos de nicho ecológico, estão baseados no conceito do nicho fundamental. A interpretação de nicho fundamental deve ser distinguida do conceito de nicho de Grinnell – variáveis ambientais em larga escala, e de Elton – fatores biótico em escala local (Soberón 2007). A construção dos modelos representa uma aproximação ao nicho ecológico da espécie nas dimensões ambientais aferidas (Phillips *et al.* 2006). Portanto, o termo “modelo de distribuição de espécies”, embora amplamente utilizado, pode ser enganoso, considerando que a distribuição dos ambientes com condições adequadas para a sobrevivência da espécie é que é realmente modelado.

Modelagem de Nicho Ecológico tem sido uma ferramenta usada em larga escala nos últimos anos (Guisan & Zimmermann 2000). Alguns autores têm examinado, através de análises detalhadas, muitas facetas dessas ferramentas, esclarecendo assim as condições de suas aplicações (Stockwell; Peterson *et al.* 2002, Peterson, Papes & Kluza 2003). No entanto, apesar do uso em larga escala dessa ferramenta, avaliar estatisticamente as predições desses modelos tem se mostrado ser uma questão incompleta e insatisfatoriamente resolvida (Fielding & Bell 1997).

O produto final da modelagem de nicho ecológico é um mapa com valores contínuos, contendo as adequações de habitat para a espécie.

Segundo Raxworthy *et al.* (2003), a modelagem de distribuição geográfica das espécies tem sido aplicada, com sucesso, no direcionamento de inventários e pesquisas localizadas e auxiliam na seleção de Reservas e áreas prioritárias para a conservação (Ferrier *et al.* 2002).

O Modelo de Máxima Entropia (Maxent) é um algoritmo que utiliza registros de presença, apropriado para realizar previsões ou inferência a partir de informações incompletas (Phillips *et al.* 2006). O princípio do Maxent é realizar uma aproximação onde sejam respeitadas todas as restrições de distribuição da espécie. Os algoritmos do Maxent foram escolhidos para a realização deste estudo por três razões: 1) evitam problemas com falsas ausências, pois utilizam apenas dados de presença (Hirzel *et al.* 2002); 2) podem-se acoplar dados contínuos e categóricos às variáveis ambientais; 3) aparentemente demonstra desempenho preditivo melhor do que outros modelos (Pearson *et al.* 2007; Phillips *et al.* 2006).

Os avanços da tecnologia aliados ao desenvolvimento e aplicação de técnicas eficientes na conservação da biodiversidade estão se tornando ferramentas eficazes na conservação da Mata Atlântica (Tabarelli *et al.* 2005). O número de criação de áreas protegidas da Mata Atlântica ampliou significativamente nos últimos 40 anos, no entanto, é difícil mensurar a proteção real conferida a essas áreas, visto que muitas delas carecem de plano de manejo, regularização da situação fundiária, inventários do meio biótico, monitoramentos e fiscalização (Tabarelli *et al.* 2005). Dessa forma, a compreensão dos aspectos da fauna é imprescindível, pois os animais participam ativamente da construção e manutenção de ecossistemas. Quanto maior o conhecimento sobre a ecologia e história natural dos animais que habitam essas áreas, maior será a capacidade de elaboração de estratégias de biologia da conservação e, conseqüentemente, acarretará na exploração dos recursos com maior sustentabilidade. Um dos aspectos da vida animal que precisa ser esclarecido é a forma como eles se distribuem em uma dada região, quais as suas necessidades e como se relacionam com o ambiente onde vivem (Mantovani 2006).

Este estudo usa a Modelagem de Nicho Ecológico como uma ferramenta, que tem sido amplamente utilizada na construção de modelos ecológicos para prever a distribuição potencial de ambientes favoráveis a



ocorrência das espécies, visando contribuir posteriormente com o avanço no conhecimento sobre o padrão da distribuição de *H. maximiliani*. Dessa forma, objetivou-se revisar e atualizar as informações sobre a distribuição conhecida de *H. maximiliani* no Brasil e modelar a sua distribuição potencial.

## **Material e Métodos**

### **1. Área de estudo**

A área de estudo compreendeu os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia, incluídos no bioma da Mata Atlântica. Estes estados foram escolhidos como limites para o modelo preditivo de distribuição para *H. maximiliani* devido à distribuição conhecida da espécie (Ernest & Barbour 1989; Moreira 1994; Souza & Martins 2009) e presença significativa do Bioma da Mata Atlântica.

### **2. Coleta de dados bióticos**

Os dados de ocorrência foram obtidos entre setembro de 2012 e setembro de 2013 através de visitas às coleções zoológicas e pesquisas bibliográficas.

#### **Coleções zoológicas:**

Foi estabelecido contato por e-mail com o curador responsável por cada coleção com o objetivo de saber se havia algum exemplar de *H. maximiliani* na mesma. Foram contatadas nove instituições, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Universidade de Brasília (UnB), Universidade de São Paulo (USP), Museu Nacional UFRJ (MN-UFRJ) e Museu de Biologia Professor Mello Leitão (MBPML).

Posteriormente a esta etapa, as coleções que possuíam exemplares de *H. maximiliani* foram visitadas, onde a identificação dos espécimes foi conferida e o livro de tomo consultado.

### **Tratamento dos pontos de ocorrência da espécie:**

A primeira etapa consistiu na obtenção, avaliação e preparo dos pontos de presença de *H. maximiliani*, incluindo o georreferenciamento e a exclusão de dados imprecisos ou duvidosos. Todas as coordenadas geográficas foram convertidas para Coordenada Geográfica Decimal, com o Datum de saída WGS84.

Os dados foram adquiridos através de quatro maneiras: Livro de tombo: exemplares de *H. maximiliani* que já possuíam georreferenciamento; Contato com o coletor: alguns coletores foram contatados e questionados sobre o local de coleta e posteriormente o georreferenciamento foi obtido *in loco*; Literatura: através de uma revisão literária, abrangendo artigos científicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado e livros, foram obtidos pontos georreferenciados de *H. maximiliani in loco*: registros pessoais feitos em investidas de campo.

Foram excluídos os seguintes dados: Dados históricos: exemplares de coleção coletados e tombados antes de 1960, uma vez que a perda e a fragmentação do habitat aliados ao significativo avanço da urbanização fizeram com que várias áreas com cobertura de Mata Atlântica desaparecessem segundo SOS Mata Atlântica/INPE (2001); Exemplares de coleção que possuíam apenas a localidade como procedência, visto que o georreferenciamento da localidade geralmente é o ponto do marco zero da cidade; Dados com procedência duvidosa, como por exemplo, animais coletados em área sabidamente com ausência de *H. maximiliani*.

Em locais com abundância de registros foi utilizado um mínimo de 5km de distância entre os pontos, com o objetivo de evitar a sobreposição de pontos, sendo que o programa computacional apaga o ponto automaticamente. A resolução espacial de estudo foi determinada pela maior resolução entre as variáveis ambientais disponíveis que é de 250m.

Para a visualização de cada coordenada coletada para a distribuição de *H. maximiliani* foi feita uma fotografia de satélite (Google Earth) de cada ponto amostrado (Anexos 1 – 26).

### **3. Coleta de dados ambientais**

As condições ambientais influenciam em diversos fatores na distribuição de uma espécie, por esse motivo, partiu-se da premissa de que características físicas do ambiente são determinantes do nicho fundamental da espécie em estudo.

Os dados climáticos foram obtidos pelo Worldclim version 1.1 Global Climate Surface 10 Resolução 0.25km. As "camadas ambientais" foram convertidas em formato "raster" pelo programa ArcGIS (ESRI Inc 2012). Foram utilizadas 8 camadas ambientais:

Altitude;

Isotermia;

Precipitação anual;

Precipitação do trimestre mais quente;

Sazonalidade da temperatura;

Sazonalidade da precipitação;

Temperatura média anual;

Temperatura média do trimestre mais chuvoso.

### **4. Construção do modelo**

Neste trabalho foi usado o algoritmo da Máxima Entropia, o Maxent. Este Algoritmo permite prever a distribuição geográfica potencial a partir de dados de presença, sendo que este programa computacional foi apontado por Phillips *et al.* (2006) como o melhor para modelos com cerca de 30 pontos de ocorrência. Como este estudo visou modelagem preditiva de distribuição para *H. maximiliani*, não foram levados em conta registros de ausência.

A partir de procedimentos de modelagem em geoprocessamento, as imagens e arquivos utilizados foram tratados para obter uma base de dados com projeção cartográfica condizente com as dimensões da área de interesse,

por meio das funções disponíveis no SIG. Para a manipulação dos mapas foi utilizado o programa ArcGIS versão 10 (ESRI 2012), o qual é uma ferramenta com grande capacidade de análise. O ArcGIS é um SIG de ampla distribuição mundial e com robusta biblioteca de análise para geoprocessamento.

Após a confecção da modelagem preditiva de distribuição da espécie em questão, o mapa produzido foi recortado atendendo aos limites do bioma da Mata Atlântica e à intolerância às áreas desmatadas e aos limites topográficos para a distribuição da *H. maximiliani*. Os dados topográficos foram obtidos pelo programa U.S. Geological Surveys, Resolução de 1km. Elevação, relevo, aspecto do terreno e capacidade de retenção de umidade, todos em uma camada. O modelo digital de elevação do “Shuttle Radar Topographic Mission” - SRTM tem uma resolução original de 90m, contudo, a base de dados foi remontada para pontos exclusivos acima de 600m de altitude, obtidos através da “National Aeronautics and Space Administration”- NASA. A partir do mapa dos remanescentes da Mata Atlântica feito pelo SOS Mata Atlântica/INPE (2001) foram excluídas todas as áreas previstas para a distribuição de *H. maximiliani* sem cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica.

## **5. Análise dos dados**

A análise dos dados seguiu o modelo proposto por Fielding & Bell (1997). O parâmetro utilizado para analisar o desempenho e definir o melhor modelo para a distribuição da *H. maximiliani*, foi o valor de Área Abaixo da Curva (AUC), que é independente de qualquer limite de corte (Fielding & Bell 1997). O valor de AUC varia de 0 a 1, sendo que o valor 1 indica diferença máxima entre a previsão e o que seria feito ao acaso, valores iguais a 0,5 indicam previsões iguais as realizadas ao acaso e valores menores que 0,5 indicam previsões piores do que as ocorridas ao acaso. Metz (1986) sugeriu que modelos com valores de AUC entre 0,9-1 são excelentes, 0,8-0,9 são bons, 0,7-0,8 são médios, 0,6-0,7 são ruins e 0,5-0,6 são muito ruins. Segundo Elith *et al.* (2006), valores acima de 0,75 são considerados bons e aceitáveis como indicador de desempenho do modelo.

O Maxent faz outra avaliação da contribuição relativa de cada variável climática através de uma re-amostragem por “jackknife”. Nesta análise, cada variável é excluída e um novo modelo é criado apenas com as demais variáveis. Além disso, outros modelos são criados utilizando cada variável isoladamente. Desta forma é possível visualizar qual variável climática possui maior influência no modelo.

## Resultados

Das nove instituições contatadas, sete possuem exemplares de *H. maximiliani* em suas coleções zoológicas, são elas: UFJF, UFOP, UFV, UNIRIO, USP, MN-UFRJ e MBPML.

Foram obtidos 46 pontos de ocorrência para *H. maximiliani*, sendo que 36 foram aproveitados para a geração do modelo preditivo de distribuição. A distribuição potencial se estendeu desde o sul da Bahia até o estado de São Paulo. O modelo gerado mostrou uma alta capacidade preditiva, com valor AUC superior a 0,97, e apresentou uma transferabilidade satisfatória (i.e. capacidade para prever distribuições em regiões não amostradas). Destes, 02 pontos foram adquiridos através de registros pessoais, 09 por meio de revisões bibliográficas e 25 através de visitas as coleções zoológicas. Dentre os dados excluídos, o ponto de Juiz de Fora, MG foi obtido no Lago dos Manacás no Campus da UFJF, o que provavelmente caracteriza uma soltura do animal no lago, uma vez que não há condições favoráveis à reprodução e tampouco à sobrevivência do cágado no local. Os pontos de Recreio dos Bandeirantes, RJ e Paraty foram excluídos por serem pontos históricos, 1915 e 1941 respectivamente. Os demais pontos, Ilha Grande, RJ, Ilha Bela, SP e Ouro Preto, MG foram excluídos por apresentarem a localidade como ponto de ocorrência (Tabela 1).

A partir dos 36 pontos coletados de distribuição para *H. maximiliani* foi possível confeccionar um mapa da distribuição conhecida para *H. maximiliani* (Figura 1). Utilizando estes mesmo pontos foi gerado um mapa da modelagem preditiva da distribuição para *H. maximiliani* (Figura 2).

Tabela 1: Latitude, longitude, localidade e procedência dos pontos conhecidos para a distribuição de *Hydromedusa maximiliani*. MN-UFRJ = Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, MBPML = Museu de Biologia Professor Mello Leitão, CHUFV = Coleção Herpetológica da Universidade Federal de Viçosa, CHUFJF- Répteis = Coleção Herpetológica da Universidade Federal de Juiz de Fora, R.P.C. = Registro Pessoal em Campo, CHUFOP = Coleção Herpetológica da Universidade Federal de Ouro Preto, CHUNIRIO = Coleção Herpetológica da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, ZUFRJ = Coleção Herpetológica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Ponto	Longitude	Latitude	Altitude (metros)	Localidade	Procedência
1	-47.45	-24	700	Tapiraí, SP	Yamashita (1990), Guix, Miranda & Nunes (1992), Souza (1995), Souza & Abe (1997a), Souza & Abe (1997b), Souza & Abe (1998), Souza <i>et. al.</i> (2002), Martins & Souza (2008), Famelli (2009), Famelli <i>et. al.</i> (2012).
2	-47.59	-24.03	700	Tapiraí, SP	Yamashita (1990), Guix, Miranda & Nunes (1992), Souza (1995), Souza & Abe (1997a), Souza & Abe (1998), Souza <i>et. al.</i> (2002), Martins & Souza (2008), Famelli (2009), Famelli <i>et. al.</i> (2012),
3	-48.1666666666	-24.25	735	Capão Bonito, SP	Souza & Abe (1997a)
4	-46.4376805556	-23.8464138889	660	Cubatão, SP	Famelli <i>et al.</i> (2011)
5	-40.50625	-20.2767611111	418	Cariacica, ES	MN-UFRJ
6	-41.1213888889	-20.5413888889	1197	Castelo, ES	MN-UFRJ
7	-41.01	-20.4733333333	1056	Vargem Alta, ES	MN-UFRJ
8	-40.5305404887	-19.9691245214	871	Santa Tereza, ES	MN-UFRJ
9	-40.5517722222	-19.9265083333	580	Santa Tereza, ES	MBPML
10	-40.5667138889	-19.8999305556	831	Santa Tereza, ES	MBPML
11	-40.52915	-19.8864166667	823	Santa Tereza, ES	MBPML
12	-40.50	-19.90	807	Santa Tereza, ES	Ernest (1996)
13	-40.29444	-16.038055	281	Almenara, MG	CHUFV
14	-43.3968611111	-21.7545027778	868	Juiz de Fora, MG	CHUFJF, Novelli & Sousa (2006)
15	-43.2254480	-21.4731880	464	Juiz de Fora, MG	CHUFJF
16	-43.3444444444	-21.6888888889	782	Juiz de Fora, MG	Novelli & Sousa (2007)
17	-42.1208333333	-19.8175	959	Caratinga, MG	CHUFV
18	-42.0907416667	-20.8137888889	763	Faria Lemos, MG	Moreira (1994)
19	-43.1771111111	-21.6305277778	821	Chácara, MG	R.P.C
20	-42.9339512694	-21.3748480361	1084	Descoberto, MG	R.P.C
21	-43.2414944444	-21.6212027778	869	Coronel Pacheco, MG	CHUFJF
22	-43.5961305556	-21.4710194444	942	Santos Dumont, MG	CHUFJF

Ponto	Longitude	Latitude		Localidade	Procedência
23	-43.6081944444	-21.4731444444	890	Santos Dumont, MG	CHUFJF
24	-42.8817833333	-21.9109527778	737	Além Paraíba, MG	MN-UFRJ
25	-42.2563027778	-21.0293916667	655	Muriaé, MG	MN-UFRJ
26	-43.4127083333	-20.1640972222	760	Mariana, MG	CHUFV
27	-43.3111344333	-20.1492224544	847	Mariana, MG	CHUFOP
28	-42.8369972222	-20.8370527778	790	Coimbra, MG	CHUFV
29	-43.4477027778	-20.2799277778	800	Ouro Preto, MG	CHUFOP
30	-42.987575	-22.4632305556	800	Teresópolis, RJ	Ernest (1996)
31	-43.0236722222	-22.4820305556	950	Teresópolis, RJ	ZUFRJ
32	-42.7430555555	-22.4044444444	500	Cachoeiras de Macacu, RJ	MN-UFRJ
33	-42.5257884603	-22.1618903431	1110	Duas Barras, RJ	MN-UFRJ
34	-42.9152972222	-22.4881444444	900	Guapimirim, RJ	MN-UFRJ
35	-43.0345777778	-22.5004638889	210	Guapimirim, RJ	CHUNIRIO
36	-40.1111130393	-14.4750340196	790	Boa Nova, BA	MN-UFRJ
37	-	-		Barra do Choça, BA	Argôlo & Freitas (2002)
38	-	-		Elísio Medrado, BA	Argôlo & Freitas (2002)
39	-	-		Jussari, BA	Argôlo & Freitas (2002)
40	-	-		Pau Brasil, BA	Argôlo & Freitas (2002)
41	-	-		Recreio dos Bandeirantes, RJ	MN-UFRJ
42	-	-		Paraty, RJ	MN-UFRJ
43	-	-		Ilha Grande, RJ	Souza & Martins (2009)
44	-	-		Ilha Bela, SP	Souza & Martins (2009)
45	-	-		Juiz de Fora (Campus UFJF), MG	CHUFJF
46	-	-		Ouro Preto, MG	CHUFV





Figura 1: Mapa de distribuição conhecida para *Hydromedusa maximiliani* no Brasil.

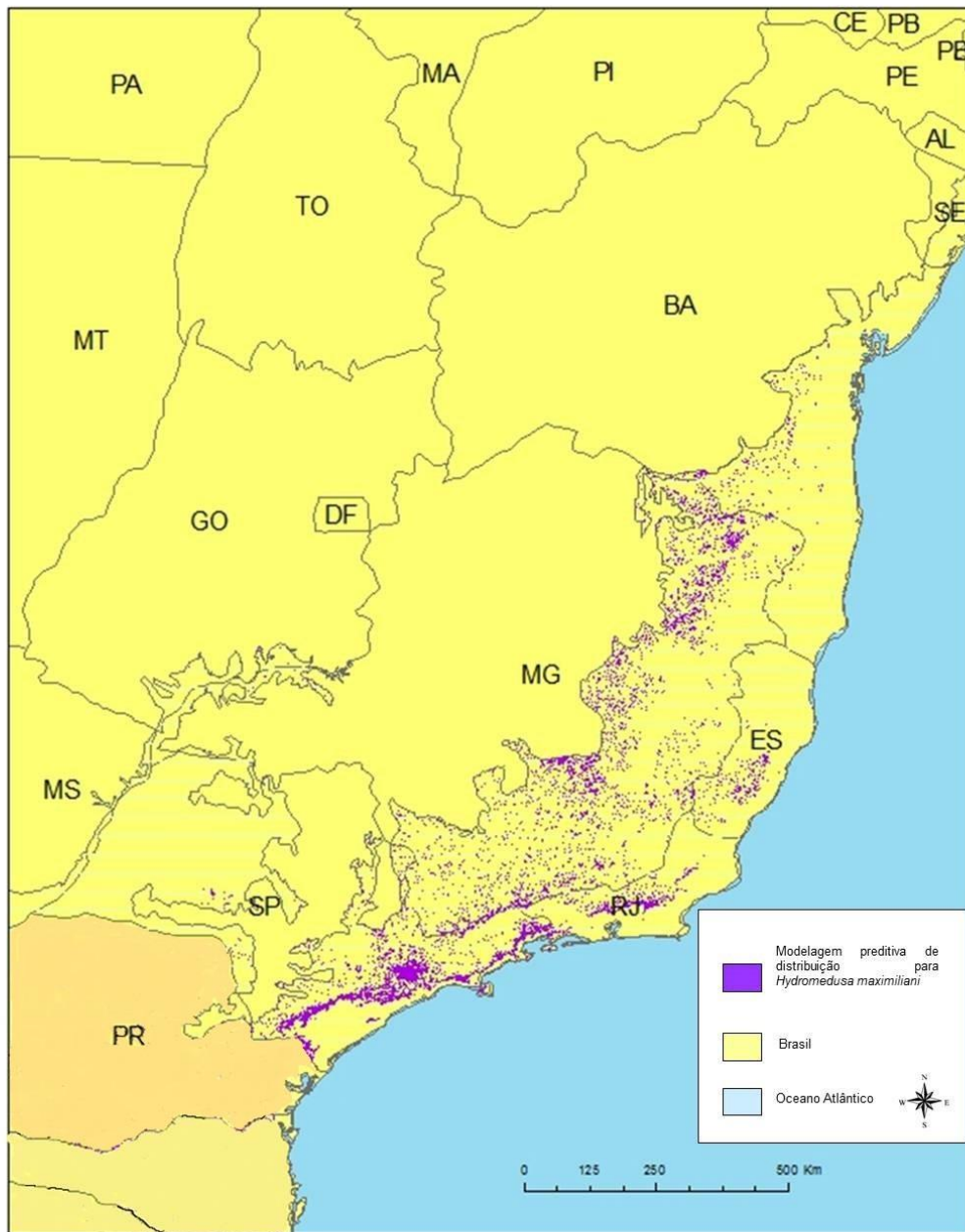


Figura 2: Mapa de modelagem preditiva de distribuição para *Hydromedusa maximilianii* no Brasil.

A tabela a seguir (Tabela 2) apresenta as estimativas de contribuições relativas das variáveis ambientais ao modelo gerado na distribuição de *H. maximiliani*, evidenciando o percentual de contribuição e o grau de permutação destas variáveis. As variáveis ambientais que mais contribuíram para a construção do modelo foram: precipitação anual e temperatura média do trimestre mais chuvoso. A variável ambiental sazonalidade da precipitação foi a que menos contribuiu para a construção do modelo.

Tabela 2: Estimativa das contribuições relativas das variáveis ambientais para elaboração da modelagem preditiva de distribuição para *Hydromedusa maximiliani*, Jackknife.

Variável	Percentual de contribuição	Grau de permutação
Precipitação anual	23,5	8,3
Temperatura média do trimestre mais chuvoso	20,8	42,8
Precipitação do trimestre mais quente	16,2	0,8
Altitude	13,5	6,5
Sazonalidade da temperatura	13,3	29,1
Temperatura média anual	9,2	9,9
Isotermia	2,6	1,2
Sazonalidade da precipitação	0,8	1,3

A imagem seguinte representa a curva de funcionamento do receptor (ROC). Note-se que a especificidade é definida usando a área prevista de ocorrência de *H. maximiliani*. Isto implica que o valor máximo alcançável de AUC é inferior a 1. Se os dados da amostra são desenhados a partir da própria distribuição Maxent, então o máximo possível AUC neste teste seria de 0,942, em vez de 1, mas na prática o valor do AUC pode exceder, como foi o caso deste modelo, alcançando o valor 0,978 (Figura 3).

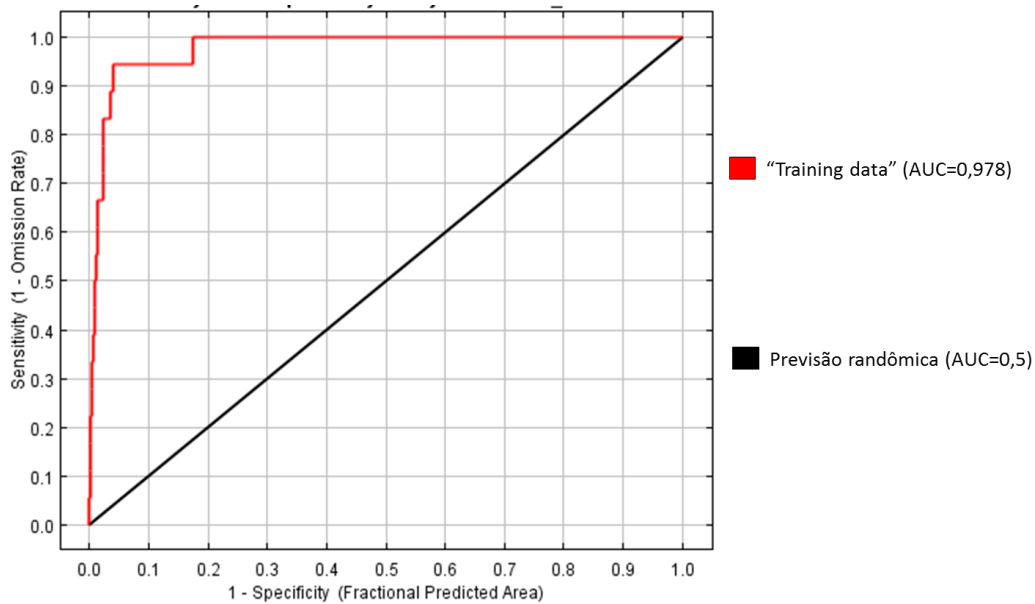


Figura 3: Sensibilidade versus especificidade para *Hydromedusa maximiliani*

## Discussão

De acordo com Lobo (2008), para a construção de modelos preditivos de distribuição, dados de coleções biológicas e museus podem apresentar limitações devido à imprecisão das informações ou tendência na escolha das áreas de coleta que, às vezes, privilegia locais onde já se tem certeza da ocorrência da espécie ou onde o acesso é mais fácil e menos custoso. No presente estudo, esta limitação foi diminuída com a realização de exclusões dos pontos imprecisos e/ou duvidosos e o contato direto com os coletores dos indivíduos de *H. maximiliani*, com a intenção de apurar a maior quantidade possível de informações sobre o local de ocorrência.

*Hydromedusa maximiliani* apresenta distribuição restrita ao bioma Mata Atlântica, onde pode ser encontrada no sudeste brasileiro e sul da Bahia (Ernest & Barbour 1989; Souza & Martins 2009). Entretanto, estes autores não apontaram nenhuma localidade como local de ocorrência, evidenciando as regiões de abrangência. Yamashita (1990) foi o primeiro autor a relatar uma localidade de distribuição para *H. maximiliani*, no Parque Estadual Carlos Botelho, Capão Bonito e Tapiraí, SP. Posteriormente, Moreira (1994), Ernest (1996) e Chagas & Raposo-Filho (1999) citaram as localidades Faria Lemos, MG, Santa Tereza, ES, e a Reserva Biológica Santa Cândida, Juiz de Fora,

MG, respectivamente e Argolo & Freitas (2002), para os municípios Barra do Choça, Elísio Medrado, Jussari e Pau Brasil para o estado da Bahia. Desse modo, as novas áreas de ocorrência para *H. maximiliani* representam ampliações de distribuição nas localidades de Almenara, Caratinga, Chácara, Coímbra, Coronel Pacheco, Descoberto, Mariana, Muriaé, Ouro Preto e Santos Dumont, em Minas Gerais, Cariacica, Castelo e Vargem Alta no Espírito Santo e Boa Nova na Bahia (Tabela 1) (Anexos 1-26).

De acordo com o modelo gerado as variáveis ambientais que mais influenciaram na distribuição da *H. maximiliani* foram: a precipitação anual e a temperatura média do trimestre mais chuvoso. Contudo, a literatura aponta outras condições ambientais como elementos importantes na distribuição da espécie como, a cobertura vegetal da Mata Atlântica, regiões montanhosas e riachos perenes de águas claras e limpas e altitude (Ernest & Barbour 1989; Argôlo & Freitas 2002; Souza & Martins 2009).

O valor de AUC encontrado nesse estudo sugere o potencial do algoritmo maxent para modelagem de nicho ecológico da *H. maximiliani* em grande escala. Segundo Elith (2006) valores de AUC maiores que 0,75, de forma sintética, proveem de bons modelos, apesar da dificuldade em encontrar formas de avaliar os modelos. O modelo construído neste estudo apresentou potencial para ser utilizado como uma ferramenta preditiva para seleção de áreas prioritárias para conservação, e não simplesmente meios de explorar relações entre os conjuntos de dados. Como postulado por Famelli *et al.* (2011), a obtenção de informações sobre a distribuição de *H. maximiliani* em diferentes localidades é essencial para verificar se as características da população representam um padrão local ou se há uma variação ao longo da distribuição da espécie.

No modelo produzido neste estudo, apesar de ser em grande escala, há evidências de que o mesmo corresponde com a distribuição geralmente observada na literatura (obs. pessoal). Lobo *et al.* (2008) relatam que quanto maior a área de estudo em relação aos pontos de distribuição maior será o AUC, gerando, conseqüentemente, uma possibilidade de interpretação equivocada dos resultados.

Em um estudo do tamanho da área de vida de *H. maximiliani*, Famelli (2013) relatou que essa espécie percorre no máximo 4,38ha, sendo que

raramente são avistados longe das margens dos riachos. A mesma autora observou que *H. maximiliani* seleciona o habitat de forma exigente, ocorrendo apenas em riachos no interior de matas, com águas claras e encachoeiradas e alguns remansos para o forrageio. Foi reportado, também, que tanto machos quanto fêmeas variaram a distância da margem por cerca de 3m. Em estudo semelhante, Morrow *et al.* (2001) observou que a “bog turtle” *Clemmys muhlenbergii* (Schoepff, 1801) (Testudines, Emydidae) possui área de vida com, no máximo, 3,12ha, sendo 0,9-11,3m a distância percorrida por dia. Em contrapartida, Dreslik *et al.* (2003) observaram que a “painted turtle” *Pseudemys cocinna* (Le Conte, 1830) (Testudines, Emydidae) percorrem em média 2,6ha por dia. Tomando por base os trabalhos citados anteriormente não é possível sugerir que *H. maximiliani* possui uma capacidade de dispersão limitada. Em contrapartida, barreiras geográficas e antrópicas como montanhas, cachoeiras e a fragmentação da Mata Atlântica atuam de forma significativa na taxa de imigração.

Complementando os fatos citados anteriormente, a distribuição de uma dada espécie é considerada como uma expressão complexa de sua ecologia e evolução, influenciada por vários fatores que operam em intensidade e escalas diferentes tais como, a história natural da espécie e sua capacidade de dispersão (Brow & Lomolino 2006). Como exemplo, Pulliam (2000) relacionou a dinâmica de dispersão diferenciando habitats do tipo fonte e dreno. Os habitats fontes são aqueles nos quais a taxa de sucesso reprodutivo excede a taxa de mortalidade, e nos drenos ocorre o oposto. Consequentemente, os drenos não apresentam condições favoráveis à sobrevivência e à reprodução da espécie, embora os indivíduos possam ocorrer nessas áreas devido aos processos de imigração. Considerando a taxa de imigração e/ou dispersão de *H. maximiliani* como significativa em relação a outras espécies da ordem, é possível encontrar indivíduos de *H. maximiliani* nas áreas preditas para a distribuição da espécie (Figura 2).

A fragmentação ambiental e a destruição de habitats vêm se mostrando como as principais ameaças aos quelônios de água doce, resultando no declínio acentuado de suas populações (Gibbons *et al.* 2000; Moore & Seigel 2006). A resposta evolutiva de animais longevos, como *H. maximiliani*, a estas alterações ambientais pode ser insuficiente, e dessa forma levar populações

inteiras à extinção (Famelli *et al.* 2012). Por esse motivo a biologia da conservação pode ser uma ferramenta importante para a elaboração de estratégias de conservação de *H. maximiliani*, visto que estudos que visem compreender a distribuição, uso e seleção do habitat fornecem subsídios para tal ação. Além disso, Buhlmann *et al.* (2009) estabeleceram a Mata Atlântica como uma das áreas prioritárias globais para a conservação de quelônios de água doce.

As áreas estimadas para distribuição da *H. maximiliani* no presente estudo mostraram-se satisfatórias. Esse fato pode indicar que os resultados obtidos aproximam-se da distribuição “efetiva” ou “real” desses animais. Todavia, deve-se ressaltar que a literatura consultada recomenda a conferência dos resultados com buscas e capturas nos locais indicados pelo mapa, corroborando com a sugestão feita por Sóberon (2007).

O fato de *H. maximiliani* serem animais longevos, apresentarem maturidade sexual tardia e serem exigentes quanto à seleção e uso do habitat (Famelli *et al.* 2012) os tornam um excelente bioindicador de preservação ambiental, principalmente em estudos desenvolvidos a longo prazo.

O desenvolvimento de novas pesquisas no sentido de obter informações sobre a distribuição e restrição do habitat poderá auxiliar na construção de novos modelos. Tendo em vista que existem regiões previstas para a distribuição de *H. maximiliani* no presente estudo que representam um falso-positivo, a busca por novos conhecimentos da ecologia e história natural deste cágado torna-se imprescindível, de maneira que quanto maior o conhecimento melhor será o modelo previsto.

## Conclusões

- A distribuição de *Hydromedusa maximiliani* está intimamente relacionada com as variáveis ambientais que mais influenciam na sua distribuição: precipitação anual e temperatura média do trimestre mais chuvoso. O modelo ecológico produzido para prever a distribuição geográfica potencial de *H. maximiliani* foi bem avaliado e poderá fornecer subsídios para elaboração de novas estratégias de conservação, considerando que *H. maximiliani* é um excelente bioindicador de preservação ambiental, principalmente para estudos desenvolvidos a longo prazo.



## Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, M.B. & WILLIAMS, P.H. 2000. Selecting areas for species persistence using occurrence data. *Biological Conservation*. v. 96 p. 331-345.
- ARGÔLO, A.J.S. & FREITAS, M.A. 2002. *Hydromedusa maximiliani*. Geographic distribution. *Herpetological Review*, v. 33, n. 2, p. 150.
- BROWN, J. H. & LOMOLINO, M.V. 2006. *Biogeografia*. 2nd ed. Funpec, Ribeirão Preto. P. 692.
- BUHLMANN, K.A.; AKRE, T.S.B.; IVERSON, J.B.; KARAPATAKIS, D.; MITTERMEIER, R.A.; GEORGES, A.; RHODIN, A.G.J.; VAN DIJK, P.P. & GIBBONS, J.W. 2009. A global Analysis of tortoise and freshwater turtle distributions with identification of priority conservation áreas. *Chelonian Conservation and Biology*. Leominster, v. 8, n. 2, p. 116-149.
- CHAGAS, A. C. S. & RAPOSO-FILHO, J. R. 1999. Biologia do comportamento de *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae) na Reserva Biológica Santa Cândida em Juiz de Fora-MG. *Revista Biosci J*, v. 15, n. 2, p. 15-23.
- DEAN, W. 1997. *A Ferro e Fogo: A história da devastação da Mata Atlântica brasileira*. São Paulo: Companhia das Letras, p. 484.
- DONALDSON, B.M. & ECHTERNACHT, A.C. 2005. Aquatic habitat use relative to home range and seasonal movement of eastern box turtle (*Terrapene Carolina Carolina*: Emydidae) in Eastern Tennessee. *Journal of Herpetology*, Columbus, v. 39, n. 2, p. 278-284.
- DRESLIK, M. J.; KUHNS, A. R.; PHILLIPS, C. A. & JELLEN, B. C. 2003. Summer movements and home range of the Cooter Turtle, *Pseudemys concinna*, in Ilhonis. *Chelonian Conservation and Biology*, v. 4, n. 3, p. 706-710.
- ELITH, J.; & BURGMAN, M.A. 2002. Predictions and their validation: rare plants. In: SCOTT, J.M., HEGLUND, P.J., MORRISON, M.L., HAUFLE, J.B., RAPHAEL, M.G.; WALL, W.A, and SAMSON, F.B. (Ed.). *The central highlands, Victoria, Australia. Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*. Washington DC: Island Press, p. 303–313.
- ELITH, J. & GRAHAM, C.H. 2006. NCEAS Modelling Group. Novel methods improve prediction of species? Distributions from occurrence data. *Ecography*. v. 29, n. 2, p. 129-151.
- ELTON, C. 1927. *Animal ecology*. London: Sedgwick and Jackson.
- ERNST, C. H. & BARBOUR, R. W. 1989. *Turtles of the world*. Washington: Smithsonian Institution Press, p. 313.

ERNST, C. H. 1996. *Hydromedusa maximiliani* (Maximilian's snake necked Turtle). Epizoic commensal. Herpetological Review. v. 27, n. 2, p 76.

ESRI 2012. ArcGIS Desktop: Versão 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

FAMELLI, S. 2009. Ecologia reprodutiva e análise de viabilidade de uma população do cágado *Hydromedusa maximiliani* (Testudines, Chelidae) no Parque Estadual Carlos Botelho, SP. Dissertação mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.

FAMELLI, S.; BERTOLUCI, J.; MOLINA, F.B. & MATARAZZO-NEUBERGER, W.M. 2011 Structure of a population of *Hydromedusa maximiliani* (testudines, Chelidae) from Parque Estadual da Serra do Mar, an Atlantic Rainforest Preserve in southeastern Brazil. Chelonian Conservation and Biology. Leominster, v. 10, n. 1, p. 132-137.

FAMELLI, S.; PINHEIRO, S.H.P.; SOUZA, F.L.; CHIRAVALLOTI, F.M. & BERTOLUCI, J. 2012. Population Viability analysis of a long-lived freshwater turtle. *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae). Chelonian Conservation and Biology. Leominster, v. 11, n. 2, p. 162-169.

FERRIER, S., WATSON, G., PEARCE, J. & DRIELSMA. 2002. Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeast new south wales. I. Species-level modelling. Biodiversity and Conservation. v. 11, p. 2275-2307.

FIELDING, A.H. & BELL, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction error in conservation presence/absence models. Environmental Conservation, v. 24, n. 1, p. 38-49.

GALINDRO-LEAL, C.; CAMARA, I.G. 2003. Atlantic forest hotspots status: an overview. In: GALINDRO-LEAL, C., and CAMARA, I.G (Ed.). The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, trends and outlook. Washington, DC: Center for Applied Biodiversity Science e Island Press.

GIBBONS, J.W., SCOTT, D.E., RYAN, T.J., BUHLMANN, K.A., TUBERVILLE, T.D., METTS, B.S., GREENE, J.L., MILLS, T., LEIDEN, Y., POPPY, S. & WINNE, C.T. 2000. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. BioScience. v. 50, p. 653-666.

GRINNELL, J. 1917. Field tests of theories concerning distributional control. American Naturalist. v. 51, p. 115-128.

GUISAN, A. & ZIMMERMANN, N. E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, v. 135, p. 147-186.

GUIX, J.C., MIRANDA, J.R., & NUNES, V.S. 1992. Observaciones sobre la ecología de *Hydromedusa maximiliani*. Boletín de la Asociación Herpetológica Española, v. 3, p. 23–25.

HIRZEL, A.H., HAUSSER, J., CHESSEL, D. & PERRIN, N. 2002. Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat-suitability map without absence data. Ecology, v. 83 p. 2027-2036.

HUTCHINSON, G.E. 1957. Concluding Remarks. Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology, New York, v. 22 p. 415-427.

IUCN, 2011. Lista Vermelha da IUCN de espécies ameaçadas de extinção. Versão 2.011,1. Disponível em: <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Acesso em: 30 de setembro de 2013.

IVERSON, J. B. 1992. A Revised Checklist with Distribution Maps os the Turtles of the World. Privately printed, p. 363.

LOBO, J. M.; VALVERDE, A.J.; REAL & R. AUC. 2008. A misleading measure of the performance of predictive distribution models. Global Ecology and Biogeography. Oxford, v. 17, p. 145-151.

MANTOVANI, J.E. 2006. Estudo e monitoramento de animais através do sensoriamento remoto e do geoprocessamento. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Campo Grande. Anais... Campo Grande: EMBRAPA Informática.

MARTINS, M.; MOLINA F. B. Panorama geral dos répteis ameaçados do Brasil. In: MACHADO A. D. M., DRUMMOND, G. M. & PAGLIA, A.P. 2008. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília and Belo Horizonte: Ministério do Meio Ambiente e Fundação Biodiversitas, p. 327-324.

MARTINS, F. I. 2006. Crescimento corpóreo e dinâmica populacional de *Hydromedusa maximiliani* (Testudines, Chelidae) no Parque Estadual de Carlos Botelho, São Paulo. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

MARTINS, F.I. & SOUZA, F.L. 2008. Estimates of growth of the Atlantic rain forest freshwater turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae). Journal of Herpetology, v. 41, p. 54–60.

MARTINS, F.I.; SOUZA, F.L. 2009. Demographic parameters of the Neotropical Frashwater turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidade). Herpetológica. Lafayette, v.65, n.1, p. 82-91.

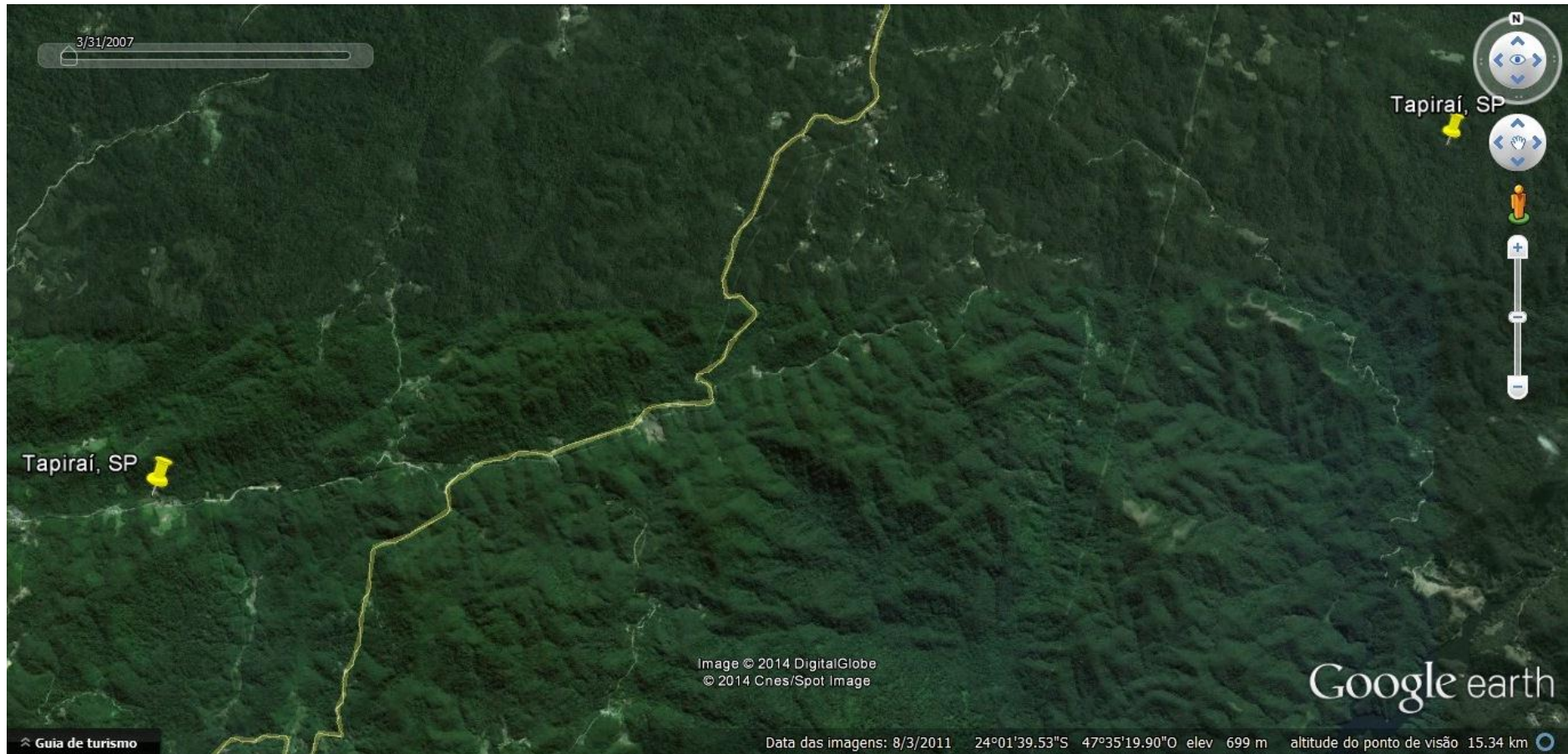
Metz, C.E. 1986. ROC methodology in radiologic imaging. Investigational Radiology, v. 21, p. 720-733.

- MOREIRA, G. M. 1994. Dados preliminares do projeto de distribuição, *status* populacional e manejo dos quelônios de água doce da Mata Atlântica do Brasil. *Revista Chelonia Neotrópica*, v. 1, p. 9-11.
- MORROW, J. L.; HOWARD, J. H; SMITH, S. A. & POPPEL D. K. 2001. Home range and movements of the Bog Turtle (*Clemmys muhlenbergii*) in Maryland. *Journal of Herpetology*, v. 35, n. 2, p. 68-73.
- MOORE, M.J. C. & SEIGEL, A. 2006. No place to nest or bask: effects of human disturbance on the nesting and basking habits of yellow-blotched map turtles (*Graptemys flavimaculata*). *Biological Conservation*, v. 130, p. 386-393.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 845-853.
- NOVELLI, I. A. & SOUSA B. M. 2006. Hábitos alimentares de *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae) da Reserva Biológica Municipal Santa Cândida, Juiz de Fora, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Zoociências*, Juiz de Fora, v. 8, n.2, p. 210.
- NOVELLI, I. A. & SOUSA, B.M. 2007. Análise descritiva do comportamento de corte e cópula de *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae) em laboratório. *Revista Brasileira de Zoociências*, Juiz de Fora, v.9, n.1, p. 49-46.
- NOVELLI, I. A.; SOUSA, B. M.; CARVALHO, A. R.; BESSA, E. C. A. & SOUZALIMA, S. 2009. Ocorrência de *Temnocephala brevicornis* Monticelli, 1889 (Platyhelminthes, Temnocephalidae) associada a *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae) em Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, Juiz de Fora, v. 11, n.2, p. 175-179.
- NOVELLI, I.A.; GOMIDES, S.C.; BRUGIOLO, S.S.S.; SOUSA. B.M. 2013. Alimentary habits of *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae) and its relation to prey availability in the environment. *Herpetology Notes*, v. 6, p. 503-511.
- LEATWICK, J.R., ROWE, D., RICHARDSON, J., ELITH, J. & HASTIE, T. 2005. Using multivariate adaptive regression splines to predict the distribution of New Zealand's freshwater diadromous fish. *Freshwater Biology*, v. 50, p. 2034-2052.
- PEARSON, R. G.; DAWSON, T. P.; BERRY, P. M. & HARRISON, P. A. 2007. SPECIES: A spatial evaluation of climate impact on the envelope of species. *Ecological Modelling*, v. 154, p. 289-300.

- PETERSON, A. T.; ORTEGA-HUERTA, M. A.; BARTLEY, J.; SANCHEZ-CORDERO, V.; SOBERON, J.; BUDDEMEIER, R. H. & STOCKWELL, D. R. B. 2002a. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature*, v. 416, p. 626-629.
- PETERSON, A. T.; SANCHEZ-CORDERO, V.; BEARD, C. B. & RAMSEY, J. M. 2002b. Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*, v. 8, p. 662-667.
- PETERSON, A. T.; PAPES, M. & KLUZA, D. A. 2003. Predicting the potential invasive distributions of four alien plant species in North America. *Weed Science*, v. 51, n. 6, p. 863–868.
- PETERSON, A.T., PAPES, M. & EATON, M. 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography*, v. 30, p. 550-560.
- PHILLIPS, S., ANDERSON, R.P. & SCHAPIRE, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, v. 190, p. 231–259.
- Pulliam, H.R. 2000. On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*, v. 3, p. 349-361.
- RAXWORTHY, C.J., MARTINEZ-MEYER, E., HORNING, N., NUSSBAUM, R.A., SCHNEIDER, G.E., ORTEGA-HUERTA, M.A. & PETERSON, A.T. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature*, v. 426, p. 837-841.
- SOBERÓN, J. 2007. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters*, v. 10 p. 1115-1123.
- SOS MATA ATLÂTICA/INPE. 2001. Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica, período 1995-2000. São Paulo.
- SOUZA, F. L.& ABE, A. S. 1995. Observations on feeding habits of *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae) in southeastern Brazil. *Chelonian Conservation and Biology*, v. 1, p. 320-322.
- SOUZA, F.L. & ABE, A.S. 1997a. Population structure, activity, and conservation of the Neotropical freshwater turtle, *Hydromedusa maximiliani*, in Brazil. *Chelonian Conservation and Biology*, v. 2, p. 521–525.
- SOUZA, F.L. & ABE, A.S. 1997b. Seasonal variation in the feeding habits of *Hydromedusa maximiliani* (Testudines, Chelidae). *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, v. 8, p. 17–20.

- SOUZA, F.L. & ABE, A.S. 1998. Resource partitioning by the Neotropical freshwater turtle, *Hydromedusa maximiliani*. *Journal of Herpetology*, v. 32, p. 106–112.
- SOUZA, F. L.; CUNHA, A. F.; OLIVEIRA, M. A.; PEREIRA, G. A. G. & REIS, S. F. 2002. Estimating dispersal and gene flow in the neotropical freshwater turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae) by combining ecological and genetic methods. *Genetics and Molecular Biology*, v. 25, n. 2, p. 151-155.
- SOUZA, F. L. 2004. Uma revisão sobre os padrões de atividade, reprodução e alimentação de cágados brasileiros (Testudines, Chelidae). *Phyllomedusa*, v. 3, p. 15-27.
- SOUZA, F.L. 2005. Geographical distribution patterns of South American side-necked turtles (Chelidae), with emphasis on Brazilian species. *Revista Española de Herpetología*, v. 19, p. 33– 46.
- SOUZA, F.L. & MARTINS, F.I. 2009. *Hydromedusa maximiliani* (Mikan 1825)—Maximilian's Snake-Necked Turtle, Brazilian Snake-Necked Turtle. In: Rhodin, A.G.J., Pritchard, P.C.H., van Dijk, P.P., Saumure, R.A., Buhlmann, K.A., IVERSON, J.B., and MITTERMEIER, R.A. (Eds.). *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs 5:026.1–026.6. doi:10.3854/crm.5.026. maximiliani.v1.2009. <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt>.
- STOCKWELL, D.R.B.; PETERSON, A.T. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling*, Amsterdam, v. 148, p. 1-13.
- TABARELLI, M., PINTO, L.P., SILVA, J.M.C., HIROTA, M.M.; BEDÊ, L.C. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 132-138.
- YAMASHITA, C. 1990. *Hydromedusa maximiliani*. *Ecology.Herpetological Review*, v. 21, p. 19.

## Anexos

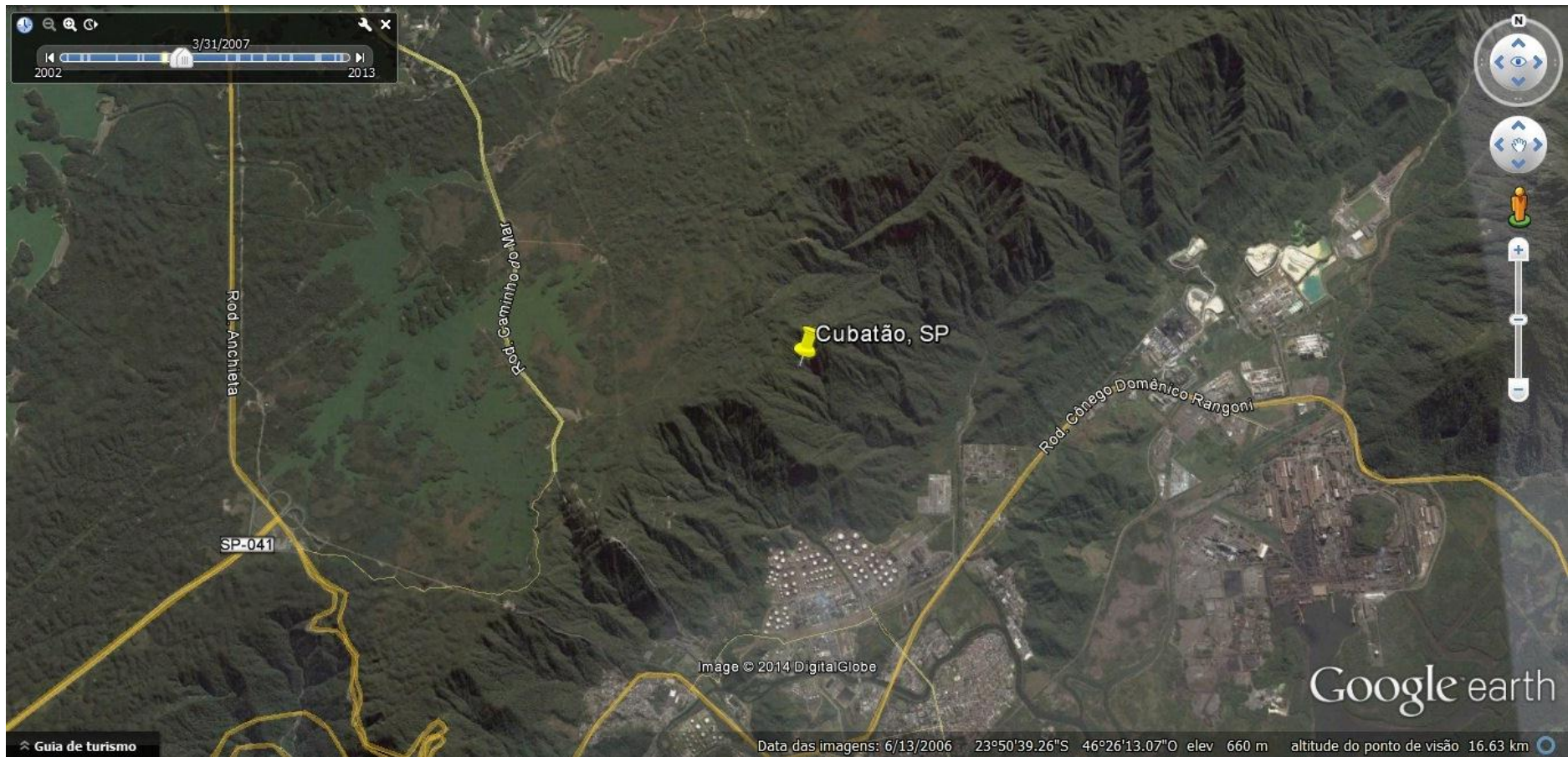


**Anexo 1:** Pontos 1 e 2. Parque Estadual Carlos Botelho, Tapiraí, São Paulo. Foto ©2014 Google earth.

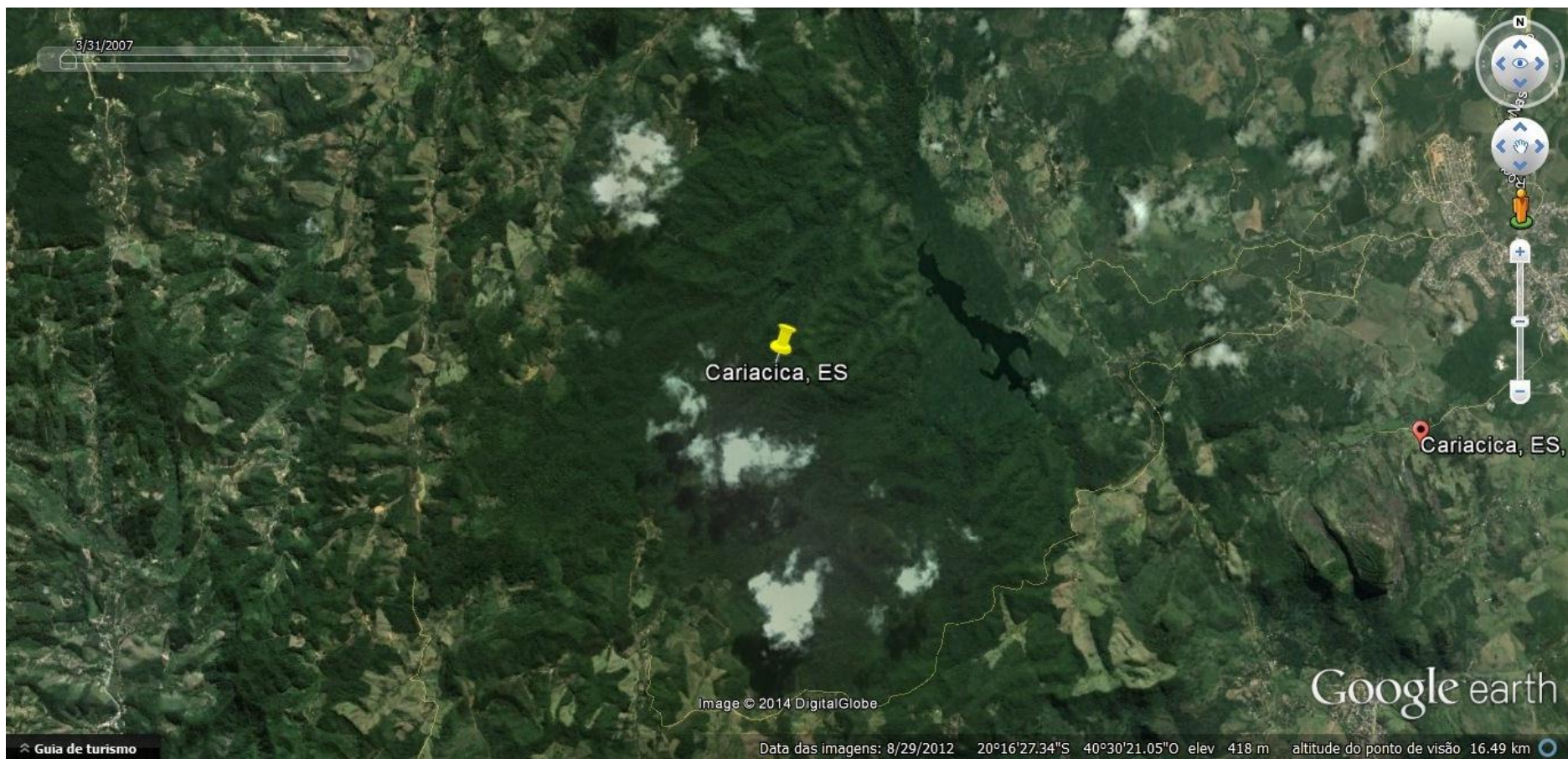


**Anexo 2:** Ponto 3. Parque Estadual Carlos Botelho, Capão Bonito SP. Foto ©2014 Google earth.

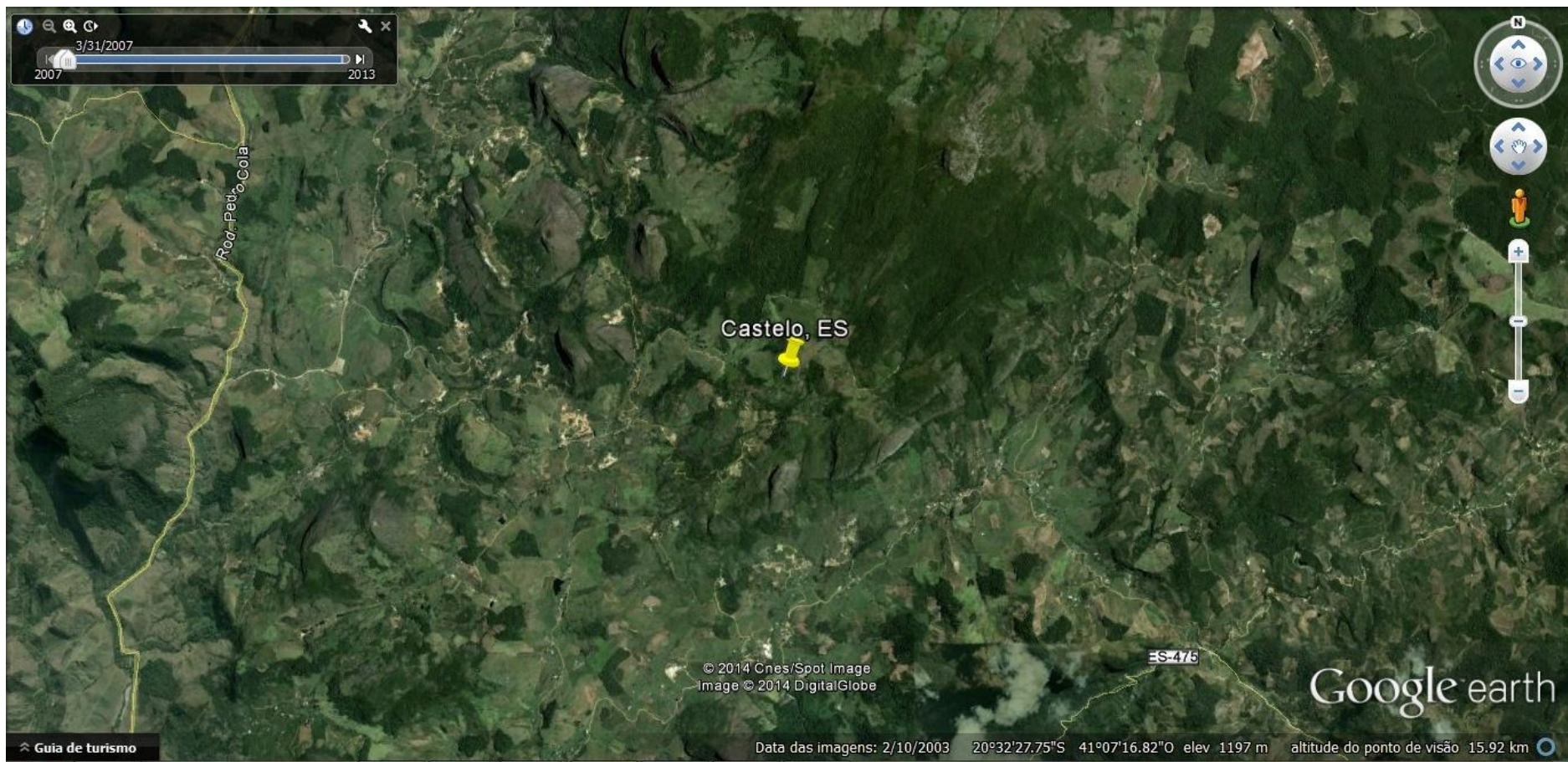




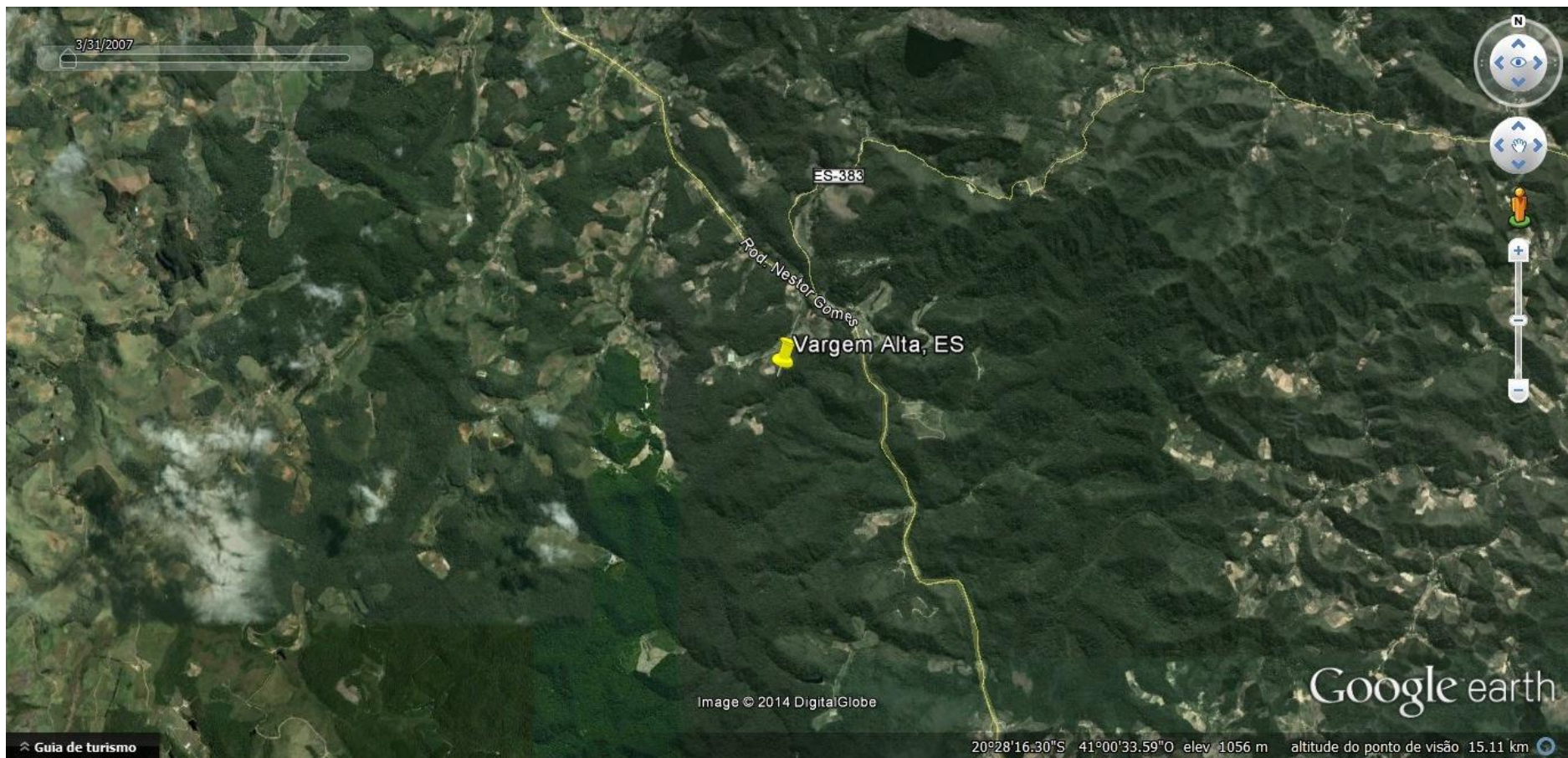
**Anexo 3:** Ponto 4. Parque Nacional da Serra do Mar, Cubatão, São Paulo. Foto ©2014 Google earth.



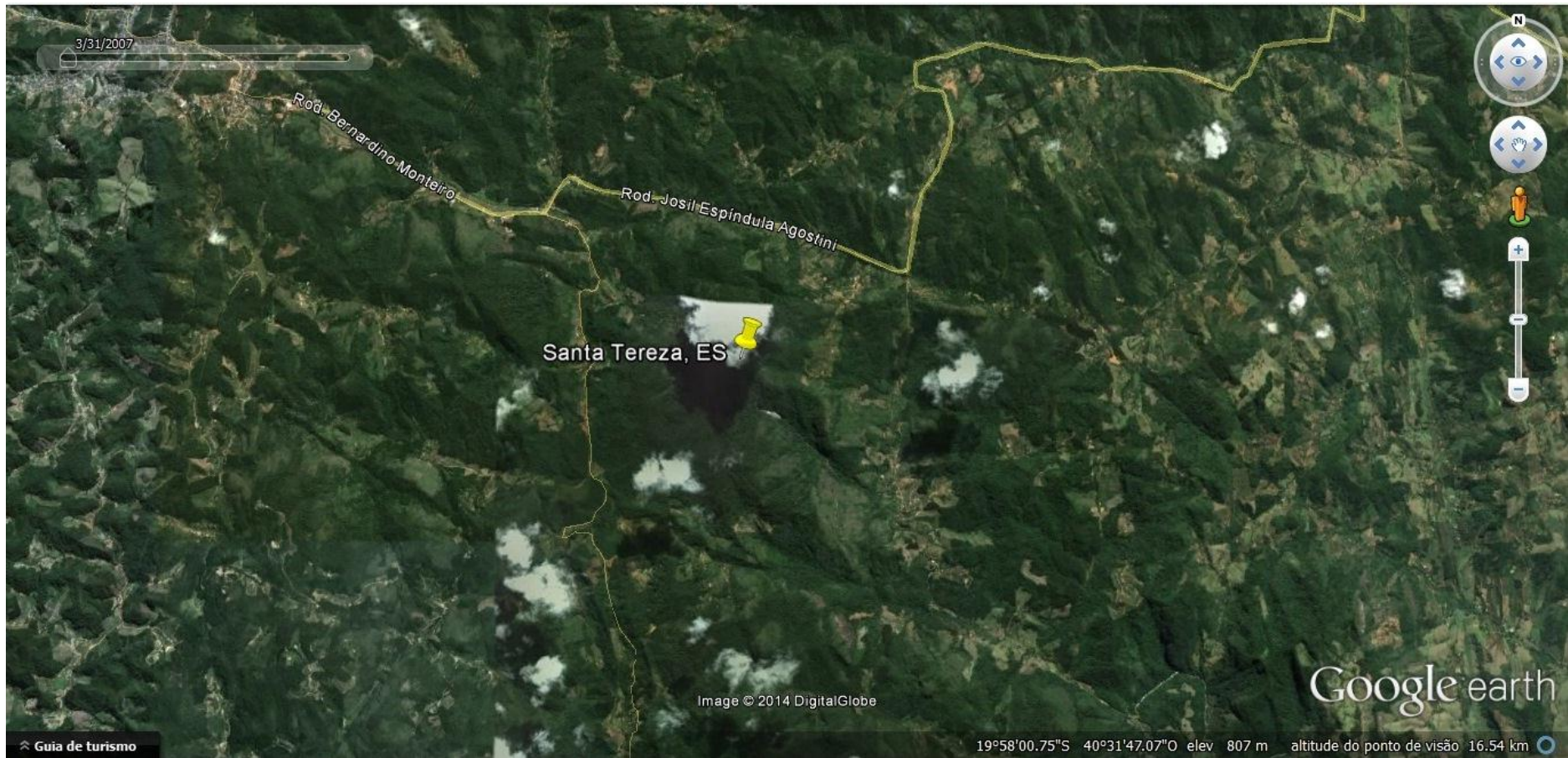
**Anexo 4.** Ponto 5. Cariacica, Espírito Santo. Foto ©2014 Google earth.



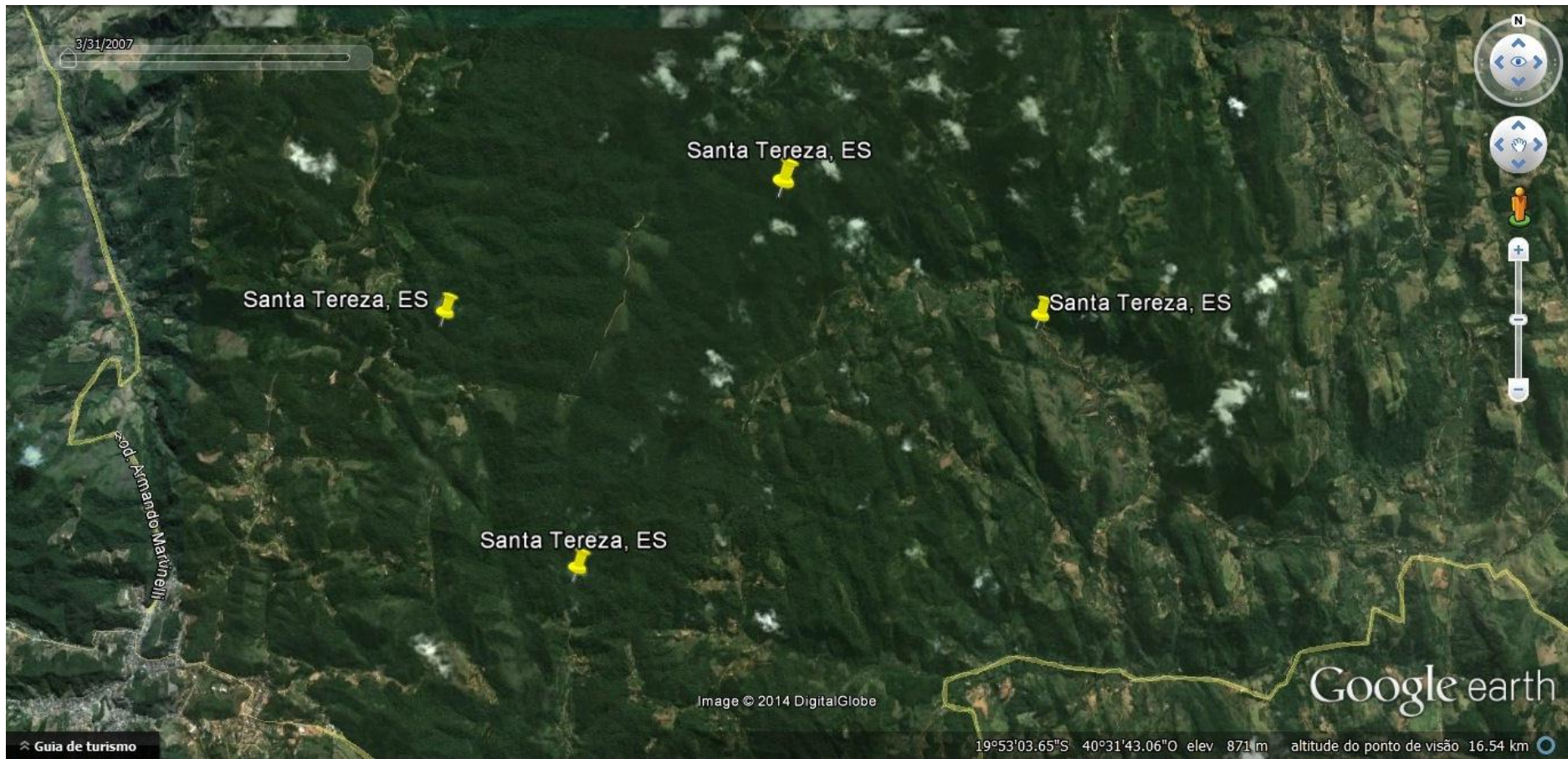
**Anexo 5:** Ponto 6. Parque Estadual do Forno Grande, Castelo , Espírito Santo. Foto ©2014 Google earth.



**Anexo 6:** Ponto 7. Fazenda dos Japanese, Vargem Alta, Espírito Santo. Foto ©2014 Google earth.



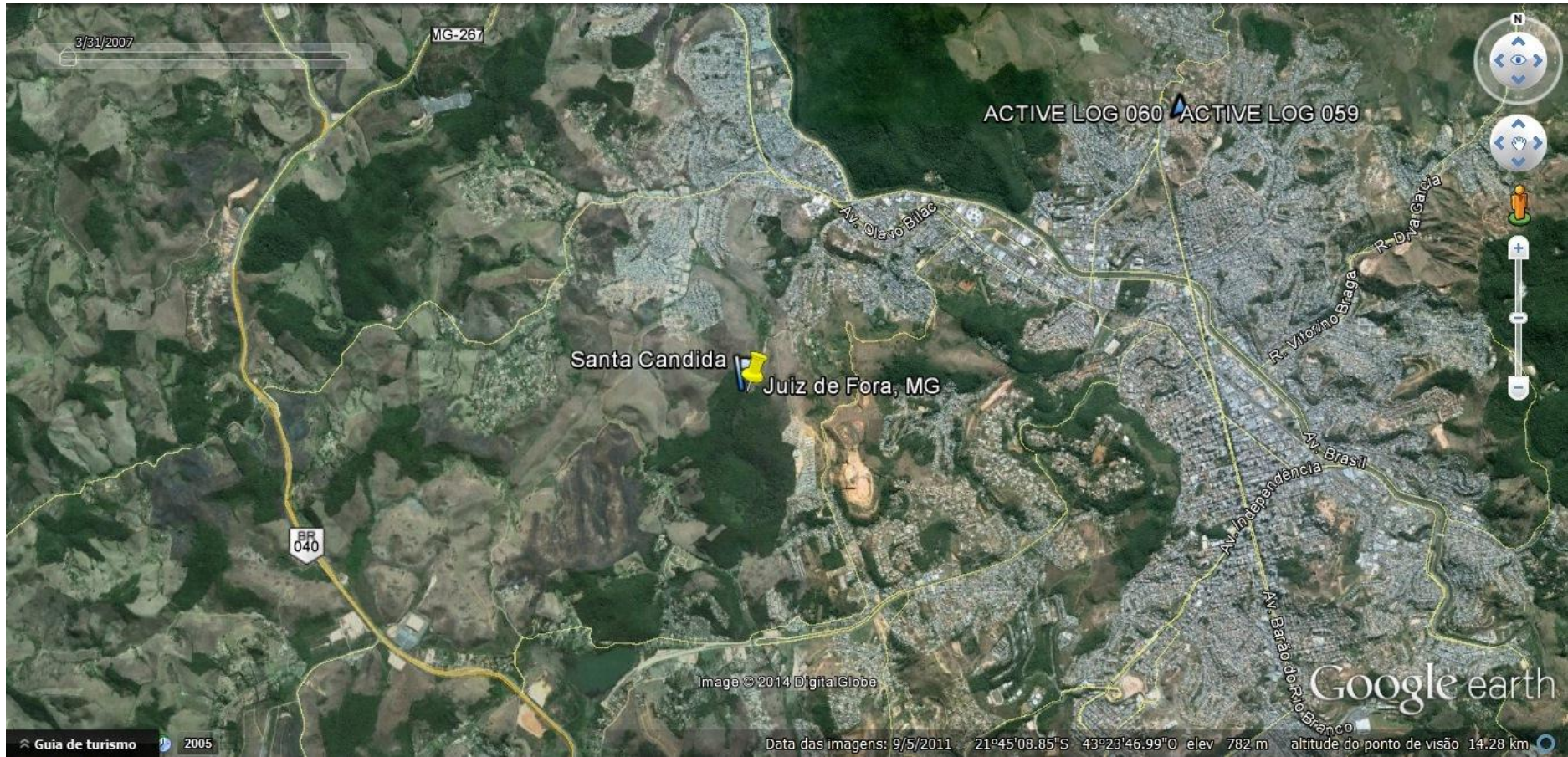
**Anexo 7:** Ponto 12. Santa Tereza, Espírito Santo. Foto ©2014 Google earth.



**Anexo 8:** Pontos 8, 9,10 e 11. Reserva Biológica Augusto Ruschi, Santa Tereza, Espírito Santo. Foto ©2014 Google earth.

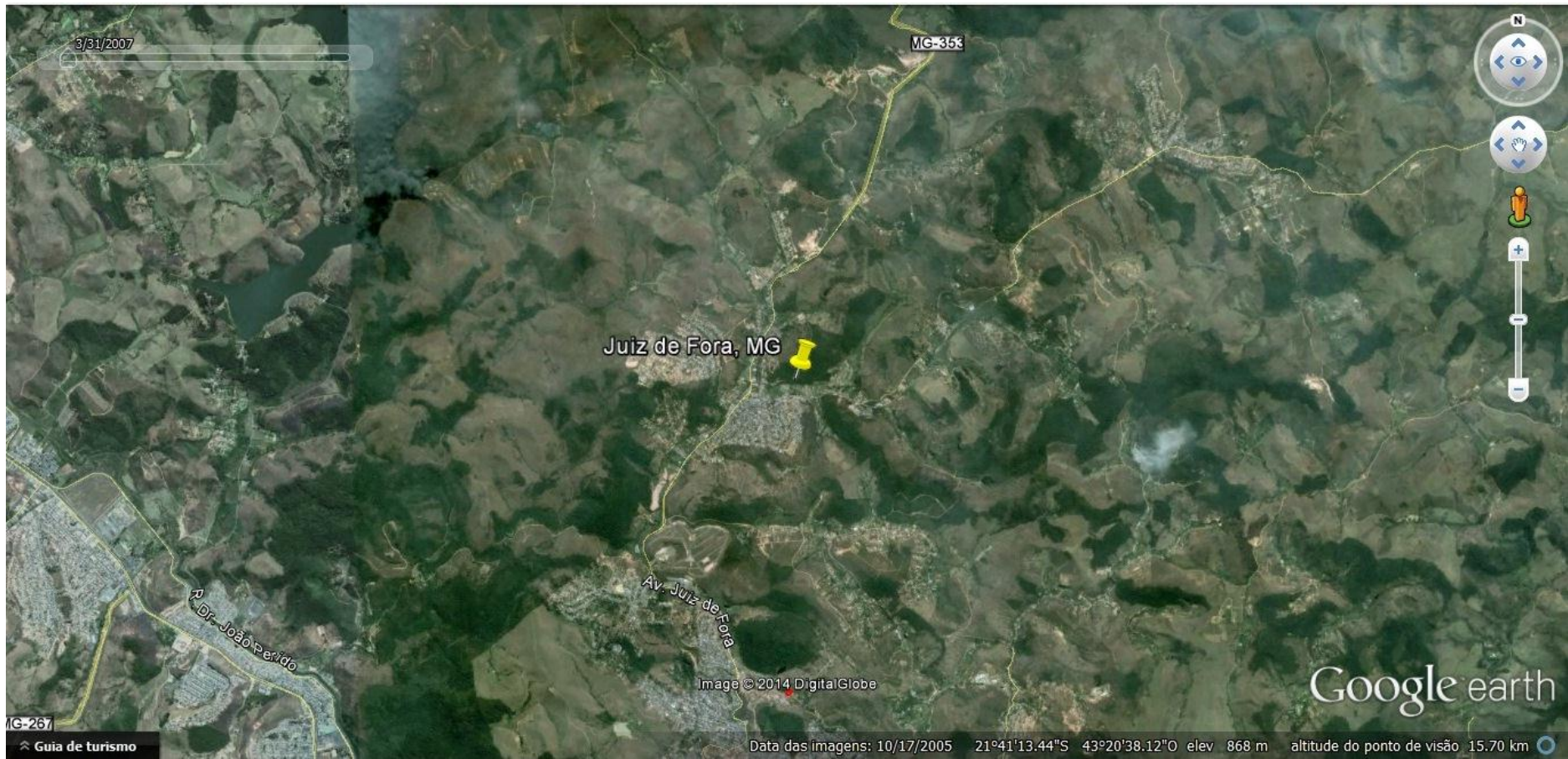


**Anexo 9:** Ponto 5. Fazenda Limoeiro, Almenara, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.

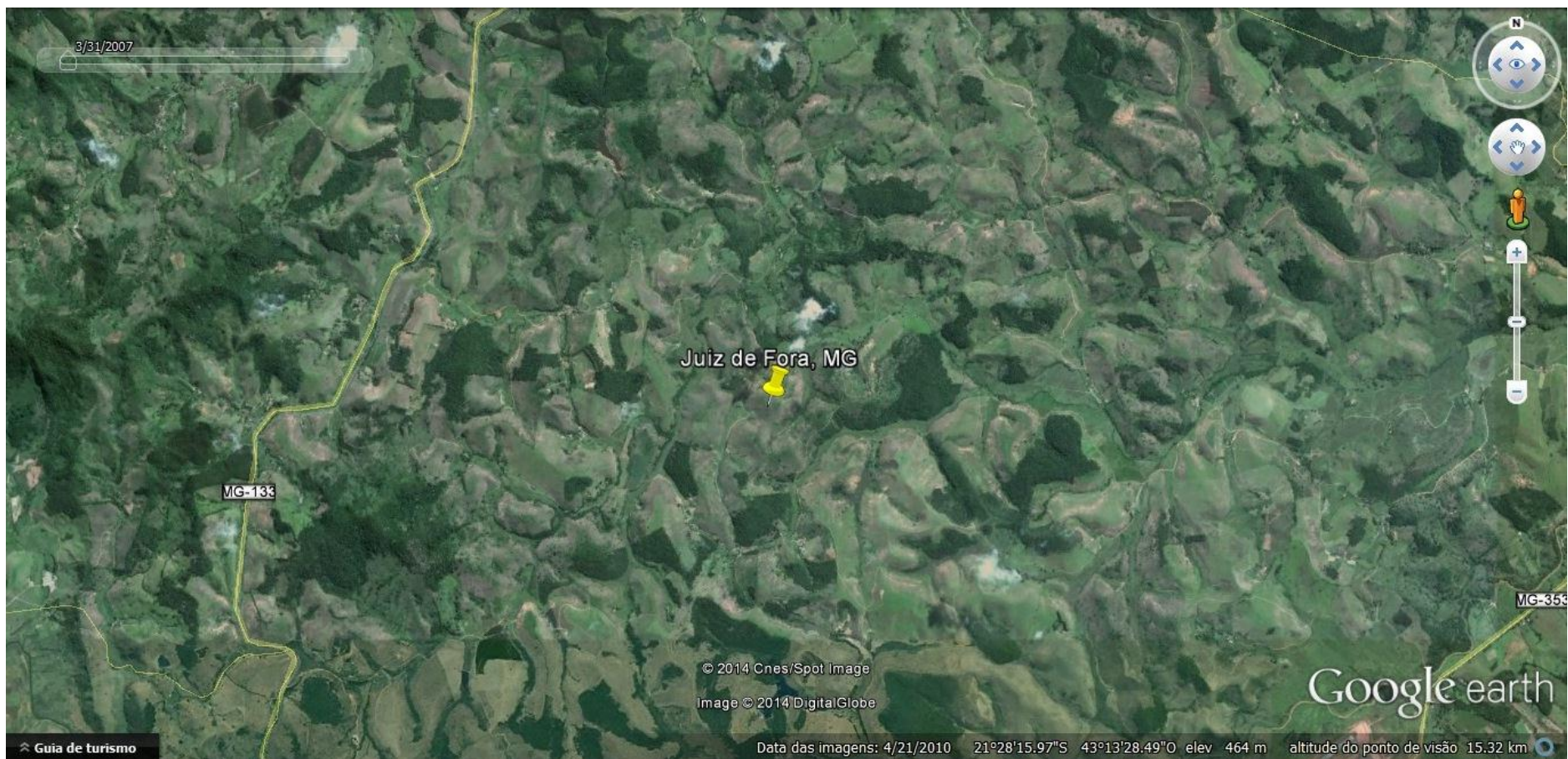


**Anexo 10:** Ponto 15. Reserva Biológica Municipal Santa Cândida, Juiz de Fora, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.

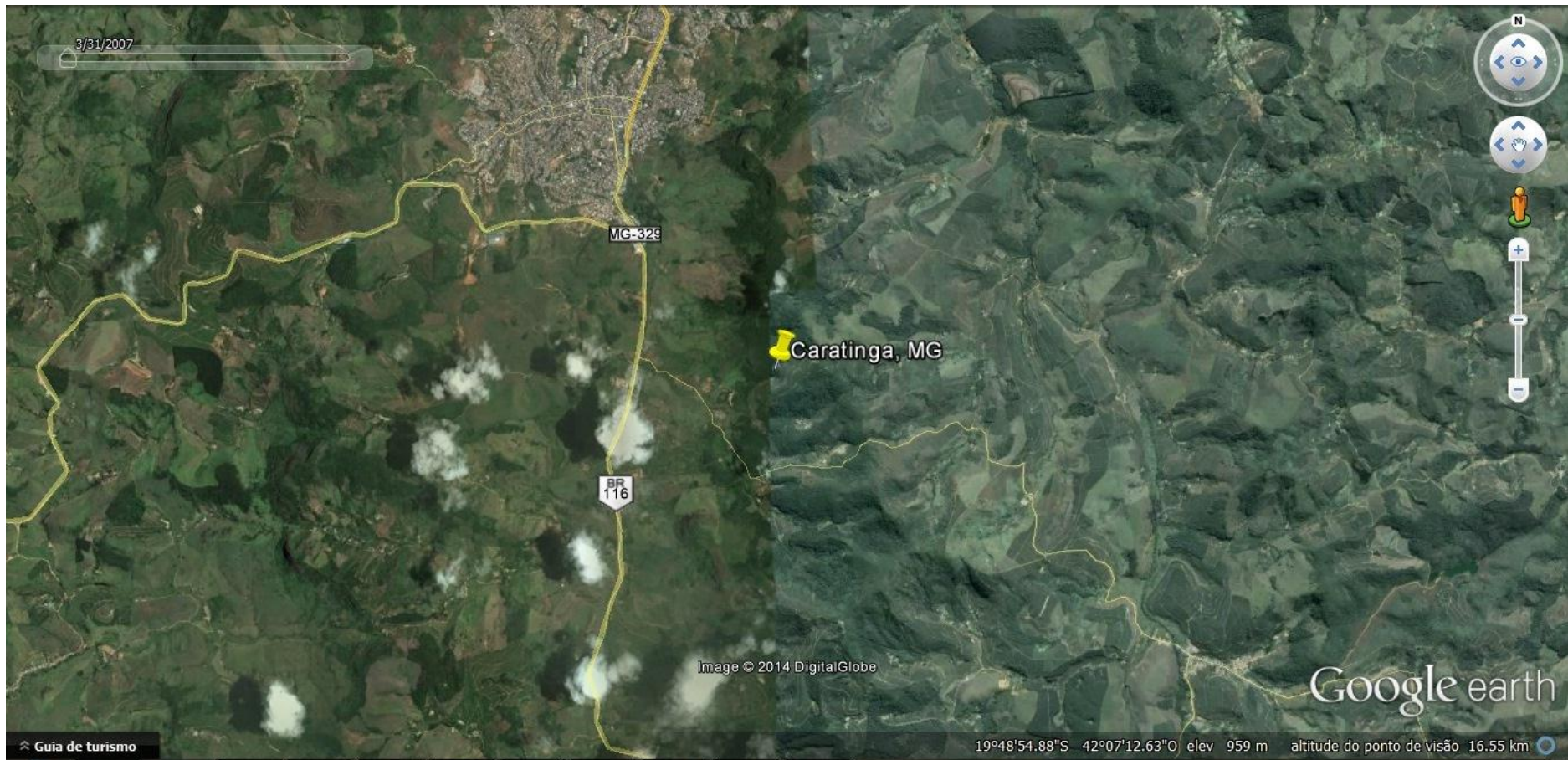




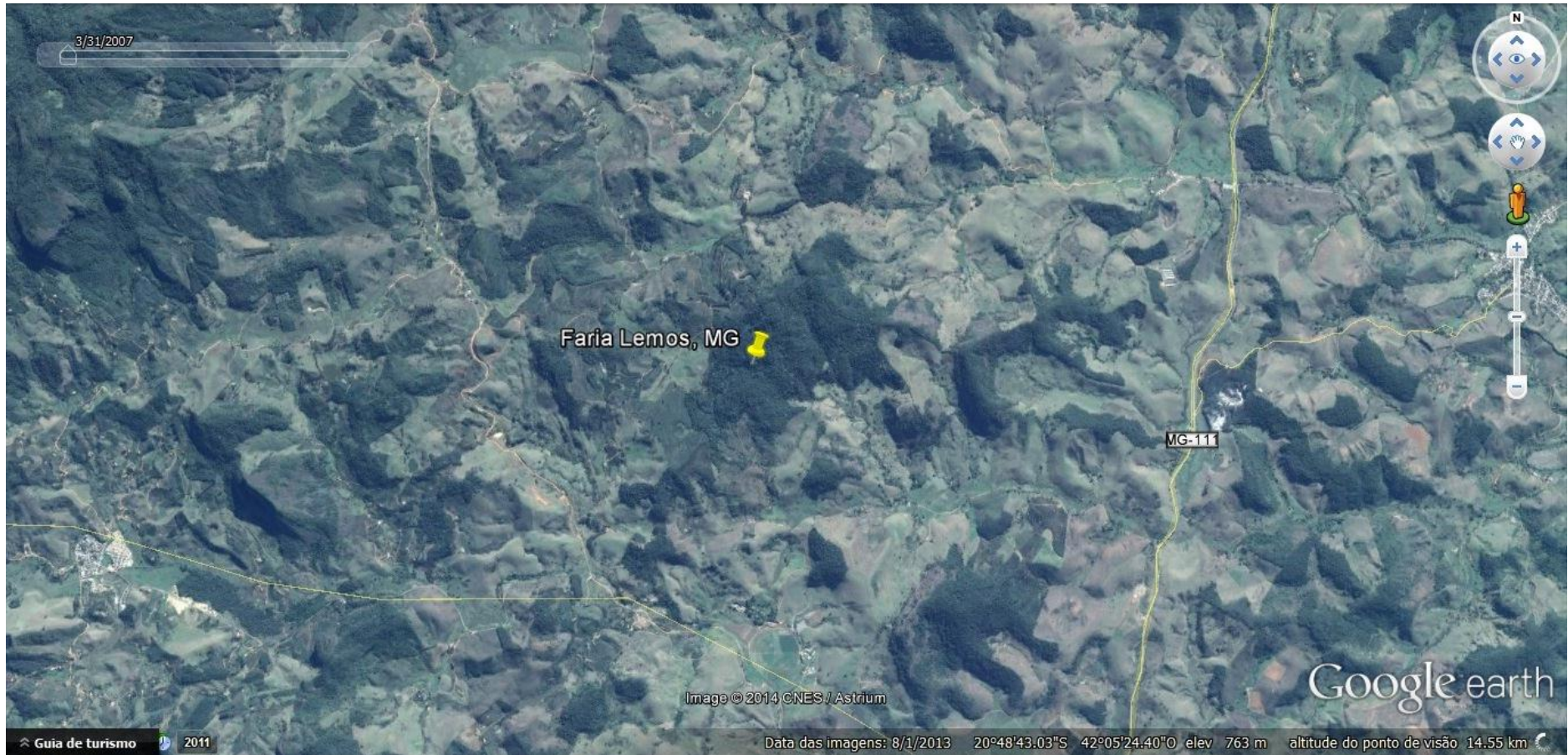
Anexo 11: Ponto 14. Juiz de Fora, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.



**Anexo 12:** Ponto 16. Juiz de Fora, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.



**Anexo 13:** Ponto 17. Caratinga, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.



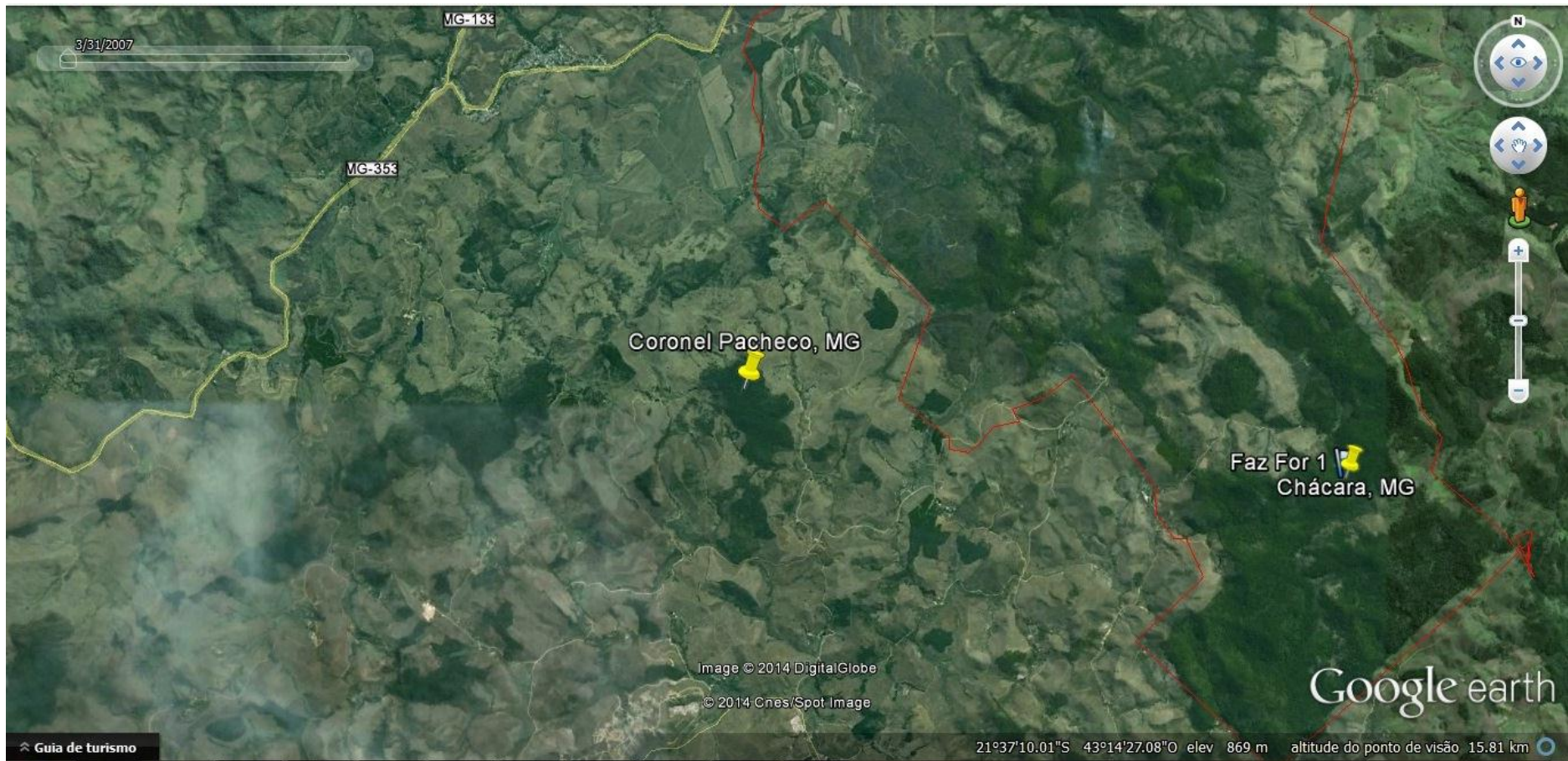
**Anexo 14:** Ponto 18. Faria Lemos, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.



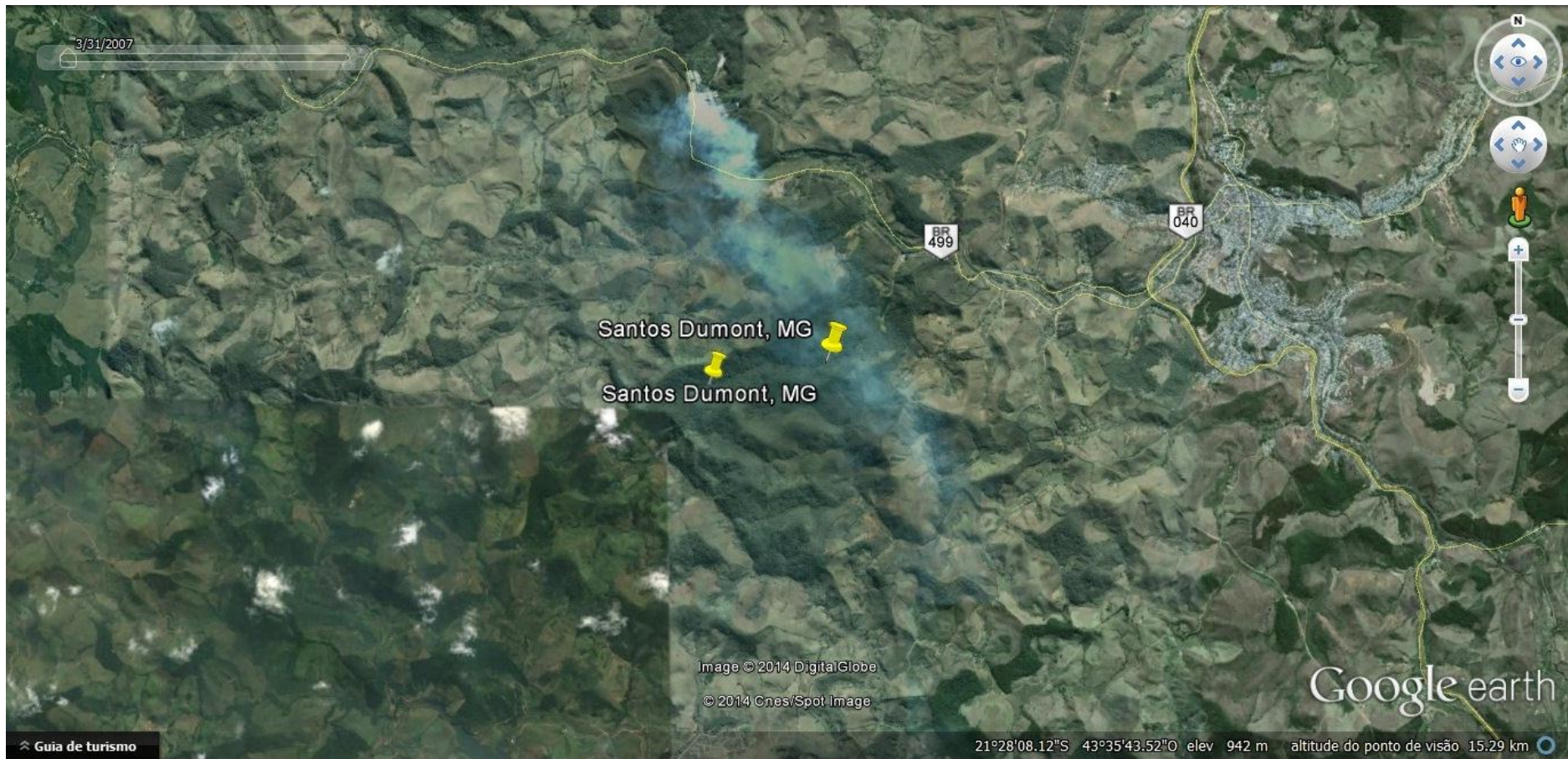
**Anexo 15:** Ponto 19. Fazenda Fortaleza de Sant'Anna, Chácara, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.



**Anexo 16:** Ponto 20. Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto da Boa Vista, Descoberto, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.

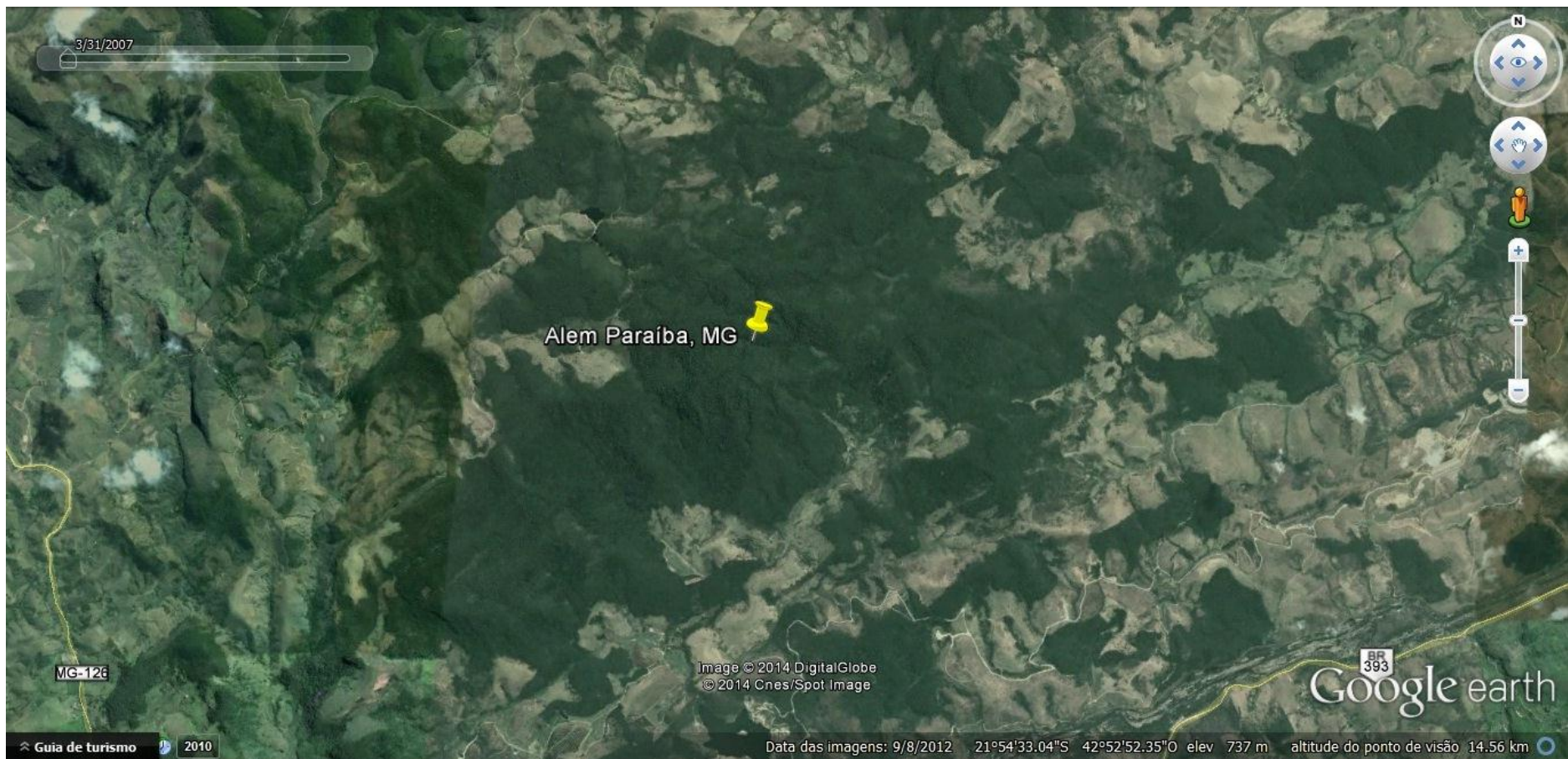


Anexo 17: Ponto 21. Coronel Pacheco, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.

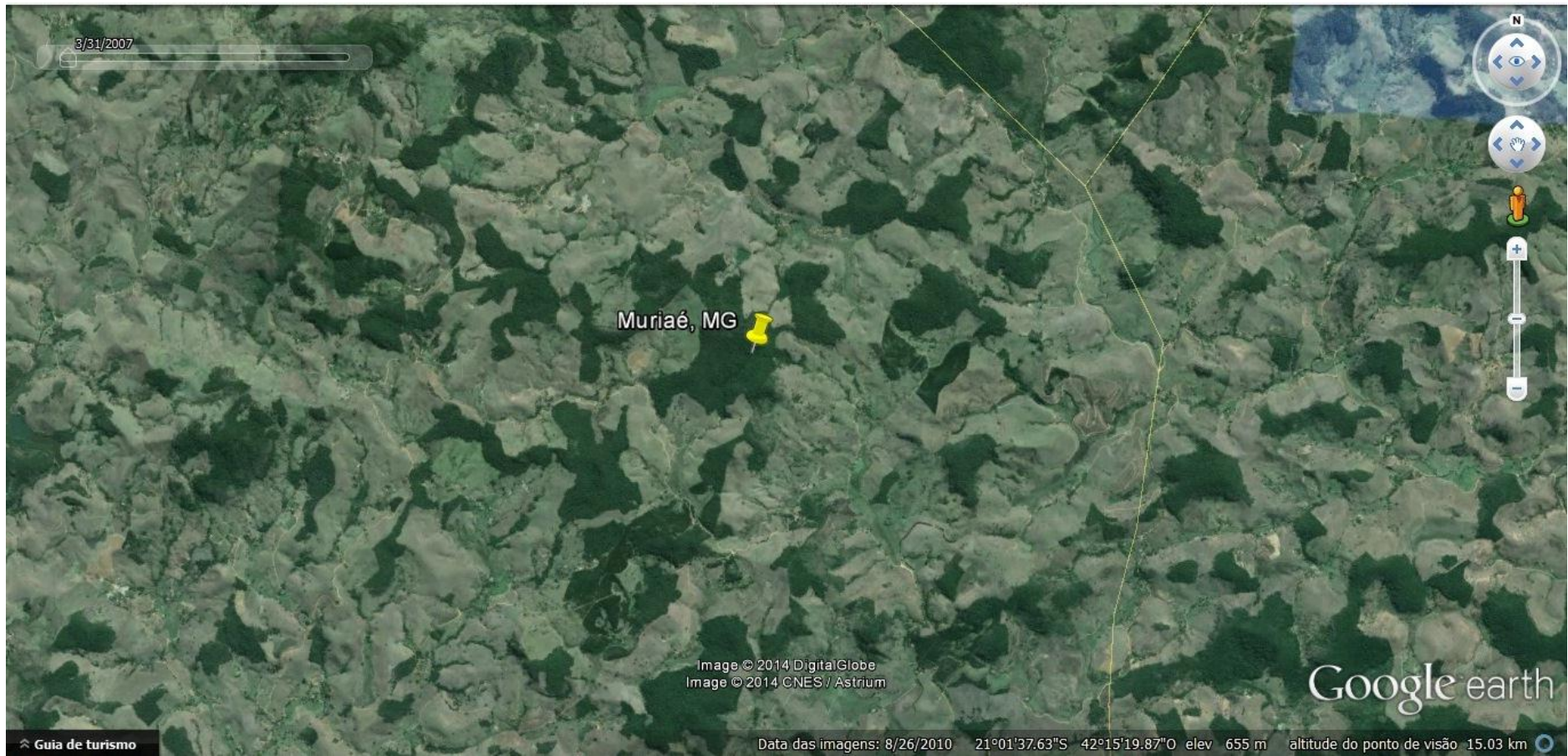


**Anexo 18:** Pontos 22 e 23. Santos Dumont, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.

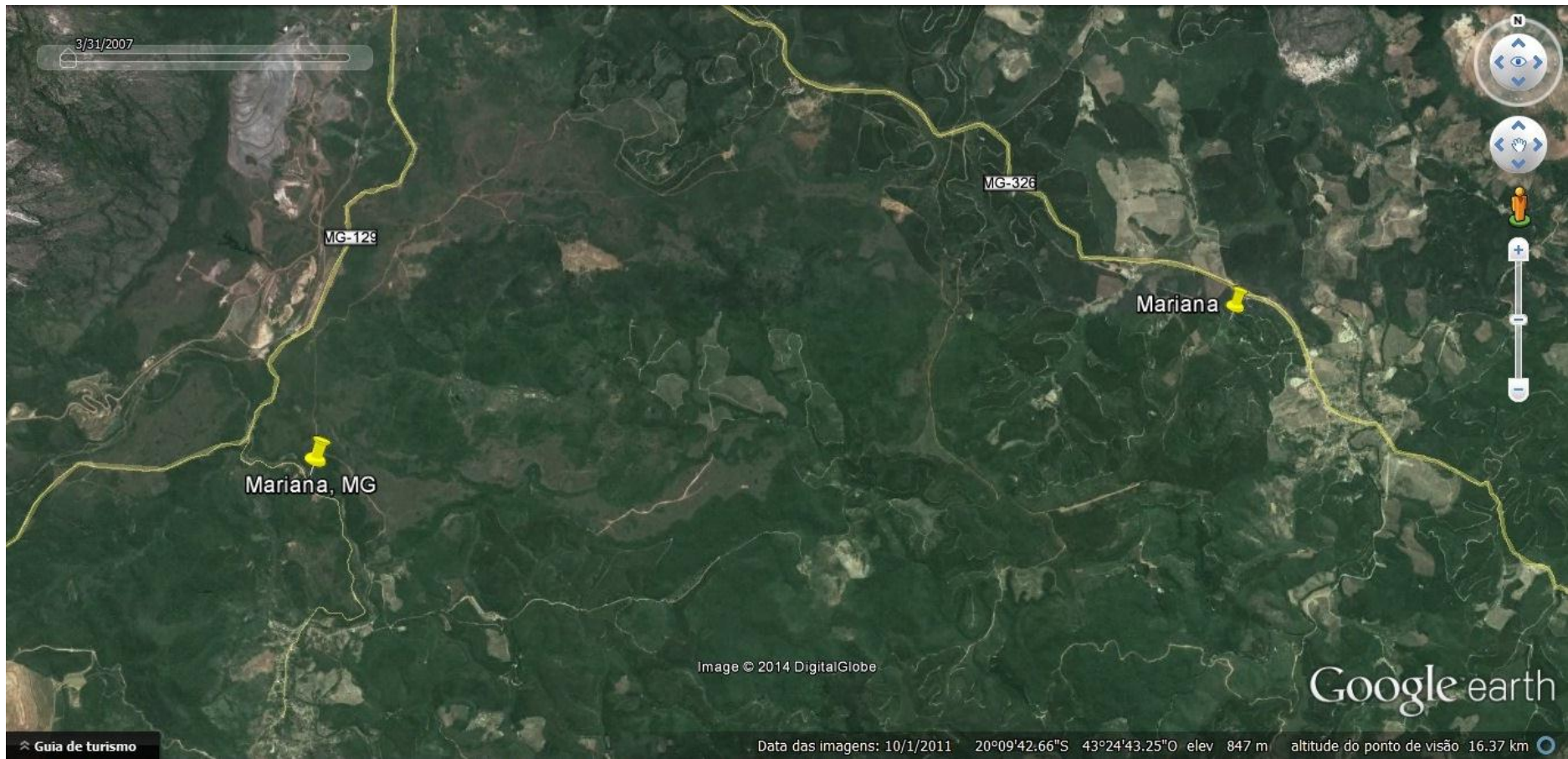




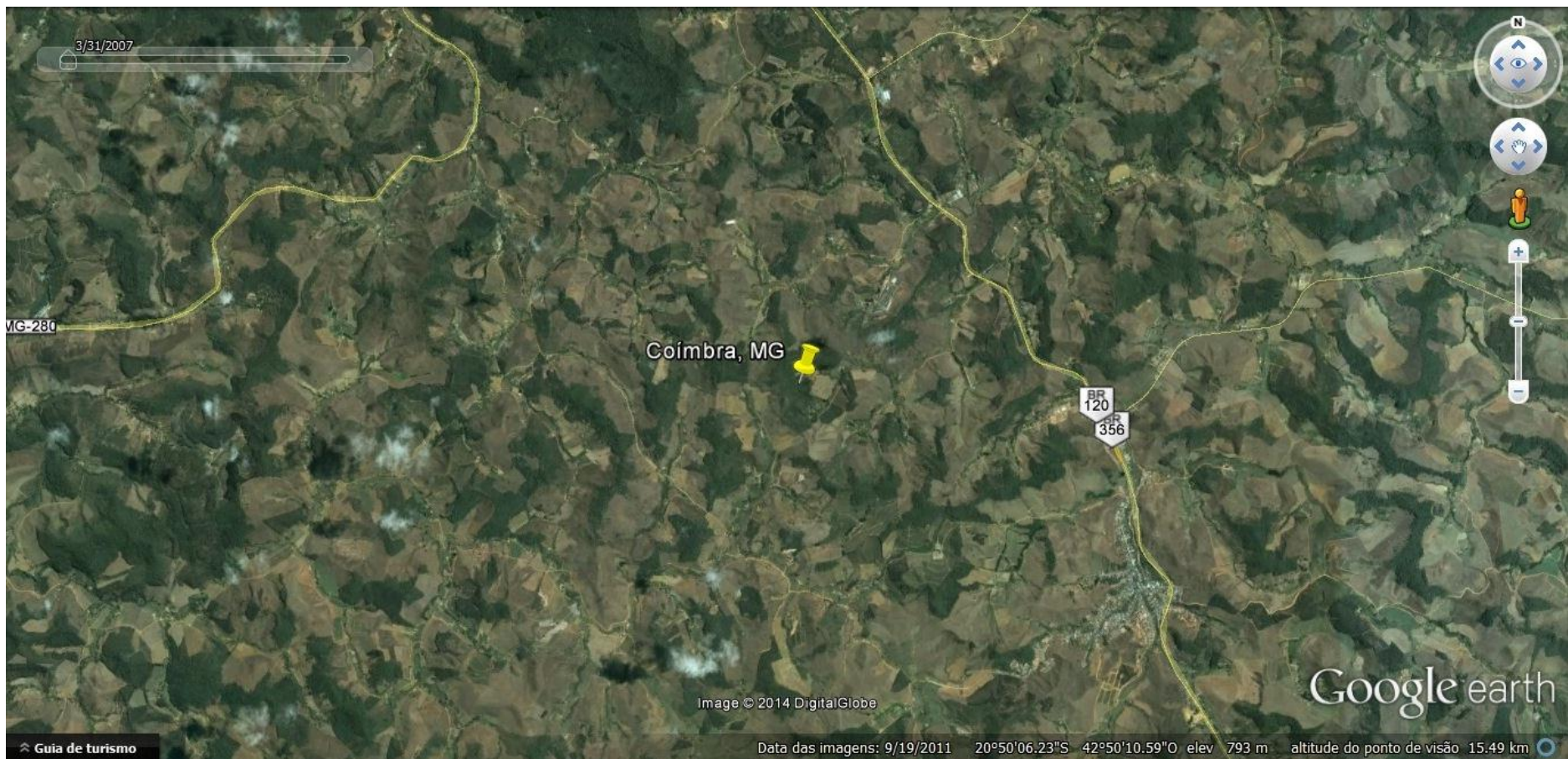
**Anexo 19:** Ponto 24. Além Paraíba, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.



Anexo 20: Ponto 25. Muriaé, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.



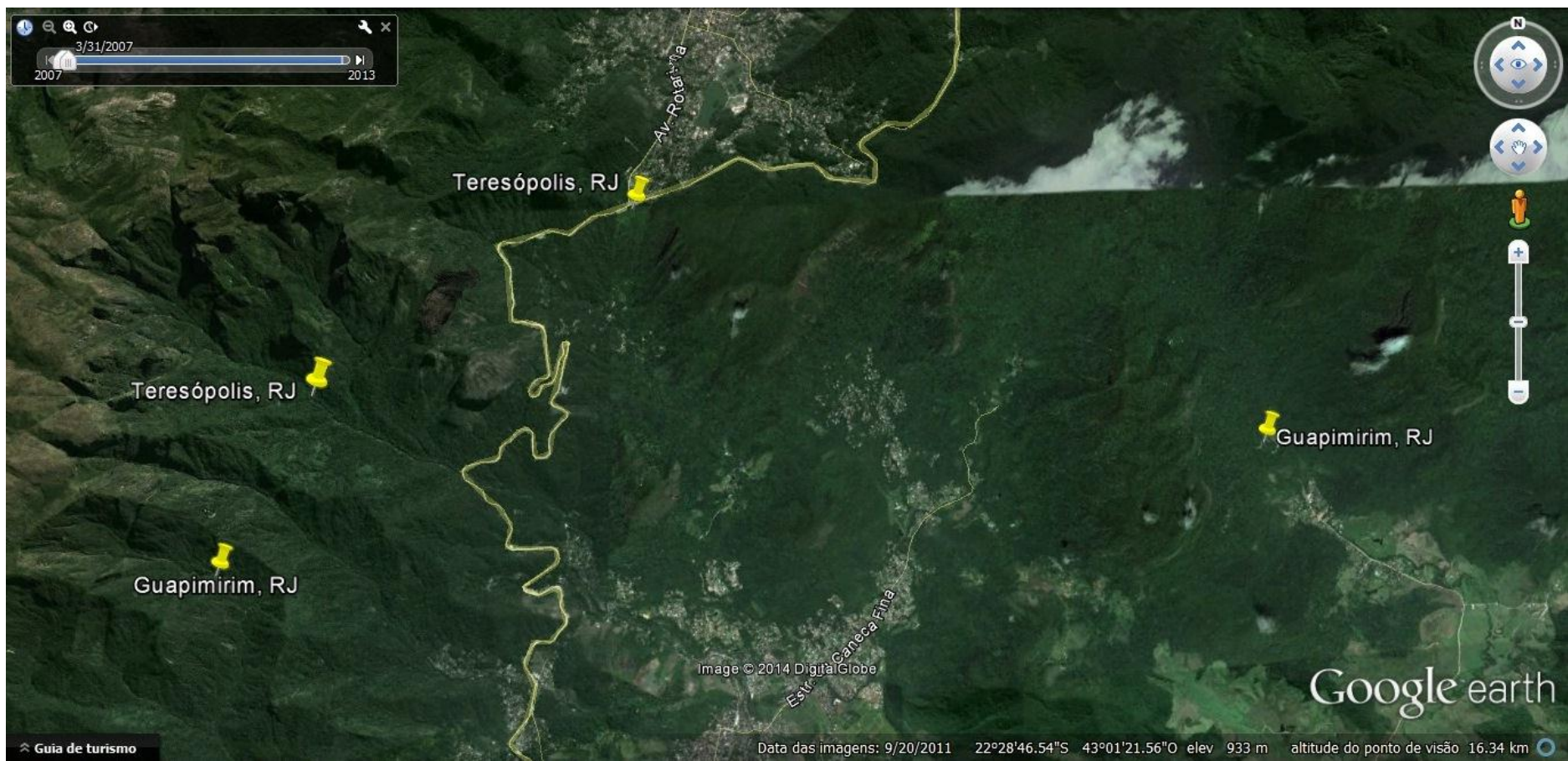
**Anexo 21:** Pontos 26 e 27. Mariana, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.



**Anexo 22:** Ponto 28. Coimbra, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.



**Anexo 23:** Ponto 29. Ouro Preto, Minas Gerais. Foto ©2014 Google earth.



**Anexo 24:** Pontos 30, 33, 34 e 35. Teresópolis e Guapimirim, Rio de Janeiro. Foto ©2014 Google earth.

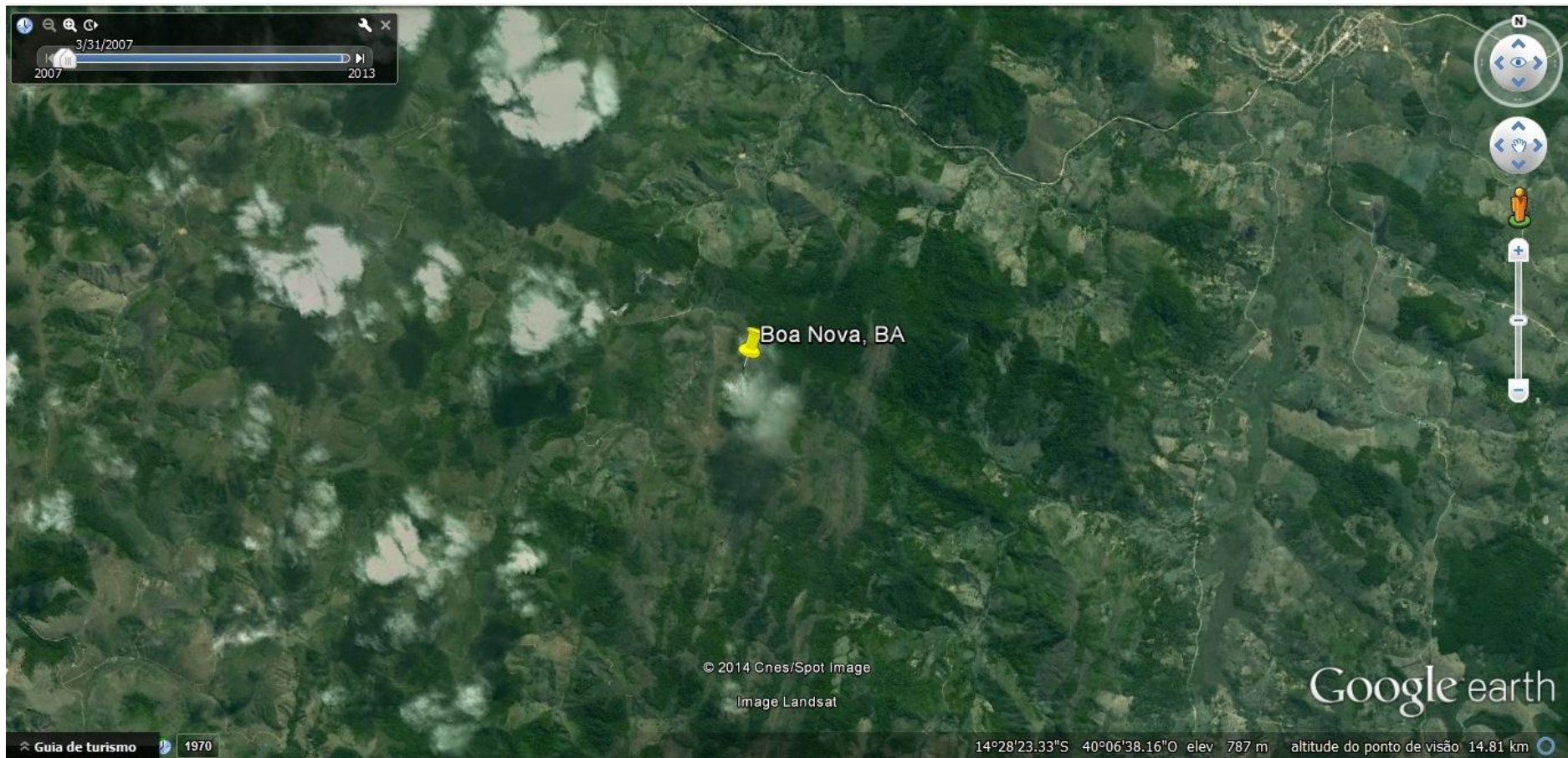


**Anexo 25:** Ponto 31. Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro. Foto ©2014 Google earth.



**Anexo 26:** Ponto 32. Duas Barras, Rio de Janeiro. Foto ©2014 Google earth.





**Anexo 27:** Ponto 36. Parque Nacional de Boa Nova, Boa Nova, Bahia. Foto ©2014 Google earth.