

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GESTÃO DO TERRITÓRIO

MARCO AURÉLIO RIESEMBERG HUNDSDORFER

**CRATERA DE IMPACTO DE VISTA ALEGRE (CORONEL VIVIDA, PR) E SEU
CONTEÚDO GEOCIENTÍFICO COMO EDUCAÇÃO NÃO FORMAL**

PONTA GROSSA
2017

MARCO AURÉLIO RIESEMBERG HUNDSDORFER

**CRATERA DE IMPACTO DE VISTA ALEGRE (CORONEL VIVIDA, PR) E SEU
CONTEÚDO GEOCIENTÍFICO COMO EDUCAÇÃO NÃO FORMAL**

Dissertação apresentada para obtenção de título de mestre no programa de Pós-Graduação em Geografia, Mestrado em Gestão Território da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientação: Prof. Dr. Antonio Liccardo

PONTA GROSSA
2017

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

H933 Hundsdorfer, Marco Aurélio Riesemberg
Cratera de impacto de Vista Alegre
(Coronel Vivida, PR) e seu conteúdo
geocientífico como educação não formal/
Marco Aurélio Riesemberg Hundsdorfer.
Ponta Grossa, 2017.
102f.

Dissertação (Mestrado em Gestão do
Território - Área de Concentração: Gestão
do Território: Sociedade e Natureza),
Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientador: Prof. Dr. Antonio Liccardo.

1.Cratera de impacto. 2.Vista Alegre.
3.Educação não formal. 4.Patrimônio.
I.Liccardo, Antonio. II. Universidade
Estadual de Ponta Grossa. Mestrado em
Gestão do Território. III. T.

CDD: 551.44

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCO AURÉLIO RIESEMBERG HUNSDORFER

**"CRATERA DE IMPACTO DE VISTA ALEGRE (CORONEL VIVIDA/PR) E
SEU CONTEÚDO GEOCIENTÍFICO COMO EDUCAÇÃO NÃO FORMAL"**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado em Gestão do Território, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:



Orientador: Prof. Dr. Antonio Liccardo

UEPG



Prof. Dr. Celso Dal Ré Carneiro

UNICAMP



Prof. Dr. Gilson Burigo Guimarães

UEPG

Ponta Grossa, 11 de julho de 2017.

Dedico este trabalho à minha mãe, Eloisa Riesemberg Hundsdorfer, e ao meu pai,
Miguel Hundsdorfer (*in memoriam*) por me deixarem sonhar.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter possibilitado a realização de um antigo sonho e de abrir as portas de novos saberes que albergam a essência deste trabalho. Por acreditar em nós mais do que acreditamos nele.

Ao meu pai Miguel Hundsdorfer (in memoriam) e minha mãe Eloisa Riesemberg Hundsdorfer que oportunizaram minha formação educacional, moral e ética, muitas vezes sofrendo privações e sem os quais este trabalho não se realizaria. Obrigado pela confiança, pelo carinho e pelo amor que sempre encontrei em vocês.

Ao Professor Doutor Antonio Liccardo pela oportunidade de trabalharmos juntos e tornarmos nosso projeto um trabalho possível. Pela sua orientação profissional e dedicação.

À minha irmã Marcia Maria Riesemberg por ser minha melhor amiga e meu ombro nos momentos em que parecia não haver luz no final do túnel.

À minha esposa, Maristela Szymansky Hundsdorfer, que sempre acreditou em minhas escolhas e com carinho e dedicação esteve ao meu lado, tornando meus sonhos parte de seus próprios sonhos.

A meu filho Marcus Vinicius Szymansky Hundsdorfer, sem o qual este trabalho não teria razão de ser. Obrigado por ser meu melhor amigo, meu mestre, meu mentor, minha razão e minha consciência.

Aos professores do curso de Mestrado em Geografia do departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) pelos ensinamentos e apoio a ideias inovadoras.

Aos meus verdadeiros amigos, muitos dos quais se encontram distantes, mas, que esta distância não foi capaz de diluir a reciprocidade, a bondade, o “ombro amigo”. Sem vocês eu não seria nada e sou grato a todos pelo apoio e pela compreensão.

Finalmente aos amigos ausentes. Vocês sempre serão uma parte importante da história de minha vida.

“O futuro dependerá daquilo que fazemos no presente.”
Mahatma Gandhi

RESUMO

Em Coronel Vivida (PR), no distrito de Vista Alegre, foi identificada uma cratera de impacto de meteorito em 2004, que posteriormente foi tombada como patrimônio geológico-geomorfológico paranaense. A cratera se situa a 12 quilômetros da sede do município e apresenta 9,5 quilômetros de diâmetro. É considerada rara por ser uma das sete crateras de impacto conhecidas no Brasil, e uma das quatro existentes sobre derrames de lava basáltica no mundo. Sua descoberta fomentou estudos científicos sobre o geossítio que, porém, estiveram restritos ao meio acadêmico e não chegaram à população paranaense e à comunidade local com o alcance desejado. O impacto aconteceu há aproximadamente 115 milhões de anos e deixou registros geológico-geomorfológicos na paisagem, que sofreram modificações ao longo destes últimos milênios. A análise realizada neste trabalho, a partir de estudos teóricos e levantamento de campo, envolve discussões sobre a origem de asteroides e meteoritos, sua importância na história do planeta e investiga o contexto de evolução da cratera de impacto de Vista Alegre. O desconhecimento das características do geossítio e seu valor tende a colocar em risco a preservação do patrimônio científico-cultural. Ações de divulgação e subsídios para fomentar o turismo foram implantadas no local a partir de 2007, como a instalação de painéis explicativos e a distribuição de folhetos. Em 2016 foi construído um mirante para a contemplação da paisagem da cratera, buscando fortalecer o geoturismo e divulgar o geossítio. Entretanto, não há um sentimento de pertencimento por parte da população local e o geossítio é pouco valorizado como patrimônio estadual, muito em função da ausência de disseminação de uma cultura de conhecimento científico. Este trabalho busca, por meio da educação não formal, a difusão pública do conteúdo geocientífico referente ao geossítio, procurando sua valorização como patrimônio por parte da comunidade. Com este escopo foi elaborado um vídeo-documentário que apresenta: a origem de asteroides e sua interação com a Terra através de impactos; o contexto geológico antes do impacto que ocasionou a cratera; o evento que a formou, sua idade e sua evolução, incluindo também fatores antrópicos. São correlacionados aspectos astronômicos, geológicos e climáticos para um melhor entendimento da raridade desta feição geológica e a necessidade de sua preservação. O vídeo foi disponibilizado na internet e aplicado, em caráter experimental, a um público de universitários e professores da rede pública estadual com questionários que buscaram avaliar sua eficácia na compreensão do tema. As informações resultantes apontaram que o vídeo não é suficiente para amplo aprendizado sobre o tema, mas induz o interesse e promove conscientização patrimonial. Estatísticas da divulgação na internet mostraram cerca de três mil visitas em três meses de exposição, o que sugere avanços no conhecimento mínimo sobre o geossítio em médio e longo prazo.

Palavras-Chave: cratera de impacto; Vista Alegre; educação não formal; patrimônio.

ABSTRACT

In Coronel Vivida (PR), in the district of Vista Alegre, a crater of meteorite impact was identified in 2004, which later was classified as geological-geomorphological heritage of Paraná. The crater is located 12 kilometers far from the county seat and is 9.5 kilometers in diameter. It is considered rare because it is one of the seven impact craters known in Brazil, and one of the four existing on basalt lava flows in the world. His discovery fostered scientific studies on the geosite which, however, were restricted to the academic milieu and did not reach the population of Paraná and the local community as desired. The impact occurred about 115 million years ago and left geological-geomorphological records in the landscape, which have undergone modifications over the past few millennia. The analysis carried out in this work, from theoretical studies and field survey, involves discussions about the origin of asteroids and meteorites, their importance in the history of the planet and investigates the evolution context of the Vista Alegre impact crater. Ignorance of the characteristics of the geosite and its value tends to jeopardize the preservation of the scientific-cultural heritage. Publicity actions and subsidies to promote tourism were implemented in the place from 2007, such as the installation of explanatory panels and the distribution of leaflets. In 2016 a gazebo was built to contemplate the landscape of the crater, seeking to strengthen geotourism and disseminate the geosite. However, there is no sense of belonging on the part of the local population and the geosite is little valued as state patrimony, much due to the lack of dissemination of a culture of scientific knowledge. This work seeks, through non-formal education, the public diffusion of the geoscientific content referring to the geosite, seeking its valuation as patrimony by the community. With this scope was elaborated a video documentary that presents: the origin of asteroids and their interaction with the Earth through impacts; The geological context before the impact caused by the crater; The event that formed it, its age and its evolution, including also human factors. Astronomical, geological and climatic aspects are correlated for a better understanding of the rarity of this geological feature and the need for its preservation. The video was made available on the internet and applied, on an experimental basis, to a public of university students and teachers of the state public network with questionnaires that sought to evaluate its effectiveness in understanding the theme. The resulting information pointed out that the video is not enough for extensive learning on the subject, but it induces interest and promotes equity awareness. Internet dissemination statistics showed about three thousand visits in three months of exposure, which suggests advances in the minimum knowledge about the geosite in medium and long term.

Keywords: impact crater; Vista Alegre; Non-formal education; heritage.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Mapa da localização do município de Coronel Vivida – PR.	15
FIGURA 2 – Localização da cratera de Vista Alegre em relação ao município de Coronel Vivida.	16
FIGURA 3 – Simulação da Terra há cerca de 4,5 bilhões de anos.	17
FIGURA 4 – Mapa do Sistema Solar contendo o Cinturão de Asteroides, o Cinturão de Kuiper e a Nuvem de Oort.	18
FIGURA 5 – Impactos dos fragmentos do Cometa Shoemaker-Levi 9 em Júpiter (1994).	23
FIGURA 6 – Forma provável da explosão ocasionada pelo impacto que formou a cratera de Chicxulub há 65 milhões de anos.	24
FIGURA 7 – Simulação do impacto do asteroide que criou a cratera Chicxulub há 65 milhões de anos.	25
FIGURA 8 – A grande explosão siberiana.	26
FIGURA 9 – A região de Tunguska, na Rússia.	27
FIGURA 10 – Lado oculto da Lua e respectivas crateras de impacto.	28
FIGURA 11 – Cratera do meteoro – Arizona – EUA.	30
FIGURA 12 – Localização da Cratera do Meteoro – Arizona – EUA.	30
FIGURA 13 – Mapa de explosões atmosféricas ocasionadas por pequenos fragmentos.	31
FIGURA 14 – Crateras de impacto e de possíveis crateras de impacto no Brasil.	32
FIGURA 15 – Panorama da cratera de Vista Alegre em Coronel Vivida – PR, a partir de sua borda.	33
FIGURA 16 – Área da cratera de Vista Alegre dentro do município de Coronel Vivida com representação da topografia e mostrando padrões de drenagem.	34
FIGURA 17 – Comparação entre imagens de satélite da cratera de Vista Alegre e da cratera do Arizona (EUA), no canto superior direito.	35
FIGURA 18 – Saara atual. Provável paisagem do paleodeserto Botucatu no sul da América do Sul no Período Cretáceo.	37
FIGURA 19 – Imagem da distribuição espacial do paleodeserto Botucatu.	38
FIGURA 20 – Simulação da disposição dos continentes da Terra no Cretáceo Inferior (Era Mesozoica)	39
FIGURA 21 – Ilustração de como teria sido o derrame basáltico na Bacia do Paraná no Cretáceo Inferior	41
FIGURA 22 – Mapa da Bacia do Paraná com a indicação dos derrames de Trapp (basaltos).	42
FIGURA 23 – Representação artística de Titanossauros que viveram no Cretáceo na América do Sul.	42
FIGURA 24 - Áreas afetadas pelo impacto indicadas por círculos.	47

FIGURA 25 – Simulação da área de impacto da explosão que criou a cratera de Vista Alegre em Coronel Vivida na América do Sul.....	49
FIGURA 26 - Limite e elevação da cratera de impacto de Vista Alegre.	53
FIGURA 27 – Curvas de nível e bacias hidrográficas da cratera de impacto de Vista Alegre.	53
FIGURA 28 - Mapa geológico esquemático da cratera de Vista Alegre.	55
FIGURA 29 – Mosaico de fotografias aéreas do fundo da cratera.	56
FIGURA 30 – Imagem da Cratera de Vista Alegre pelo GoogleEarthPro em 2015...	57
FIGURA 31 – Sobreposição de Imagens para comparação e indicação das áreas de aumento e perda de vegetação.	59
FIGURA 32 – Antiga pedreira, agora tombada (à esquerda, painel explicativo instalado pela Mineropar).	64
FIGURA 33 – Detalhe das rochas presentes no entorno da pedreira, em Vista Alegre.	64
FIGURA 34: Amostra de brecha polimítica originada com o impacto em Vista Alegre. A dimensão maior é de cerca de 15cm.	65
FIGURA 35 – Painel e mirante da cratera de Vista Alegre, em Coronel Vivida.....	71
FIGURA 36 – Pontos observáveis a partir do mirante da cratera de Vista Alegre. ...	71
FIGURA 37 – Panorâmica da Cratera com pontos referenciados.....	72
FIGURA 38 – Calçamentos oriundos da pedreira tombada antes de serem pintados e descaracterizados.	72
FIGURA 39 – Calçamentos oriundos da pedreira tombada pintados e descaracterizados.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Eras e períodos geológicos. Posição aproximada da origem da cratera de Vista Alegre no tempo.....	45
Tabela 2: Prováveis dados do asteroide.....	46
Tabela 3: Efeitos do impacto.....	48
Tabela 4: Glaciações conhecidas mais importantes no Cenozoico.....	52
Tabela 5: Ganho, com assistência do vídeo, para a valorização patrimonial.....	84

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E ENFOQUE METODOLÓGICO	12
2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	15
3. METEORITOS E CRATERAS.....	17
3.1- Origem de asteroides e cometas	17
3.2- Crateras de impacto.....	21
4. CORONEL VIVIDA E VISTA ALEGRE	33
4.1- A Cratera de Vista Alegre	33
4.2- Contexto geológico pré-impacto	36
4.3- Simulação do impacto.....	46
4.4- Evolução geológica pós-impacto	50
4.5- Ações antrópicas sobre a cratera	56
5. TOMBAMENTO COMO PATRIMÔNIO CULTURAL	61
6. CONTEXTO EDUCACIONAL	66
6.1- A educação não formal	66
6.2- A educação patrimonial.....	69
6.3- Correlações da educação não formal com a educação patrimonial.....	74
7. ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO VÍDEO “CRATERA DE IMPACTO DE VISTA ALEGRE”	76
7.1- GRUPO A - Professores de Geografia da rede estadual de ensino do Paraná	77
7.1.1- O primeiro questionário (antes da apresentação do vídeo – Anexo 2)	77
7.1.2- O segundo questionário (depois da apresentação do vídeo – Anexo 3) ..	78
7.2- GRUPO B – Alunos do curso de Bacharelado em Geografia da UEPG	78
7.2.1- O primeiro questionário (antes da apresentação do vídeo – Anexo 2)	78
7.2.2- O segundo questionário (depois da apresentação do vídeo – Anexo 3) ..	79
7.3- GRUPO C – Alunos do curso de Licenciatura em Geografia da UEPG (6º semestre)	80
7.3.1- O primeiro questionário (antes da apresentação do vídeo – Anexo 2)	80
7.3.2- O segundo questionário (depois da apresentação do vídeo – Anexo 3) ..	80
7.4- GRUPO D – Alunos do curso de Licenciatura em Geografia da UEPG (4º semestre)	81
7.4.1- O primeiro questionário (antes da apresentação do vídeo – Anexo 2)	81
7.4.2- O segundo questionário (depois da apresentação do vídeo – Anexo 3) ..	81
7.5- GRUPO E – Alunos do curso de Licenciatura em Geografia da UEPG (2º semestre)	82

7.5.1- O primeiro questionário (antes da apresentação do vídeo – Anexo 2)	82
7.5.2- O segundo questionário (depois da apresentação do vídeo – Anexo 3) ..	82
7.6- Avaliação geral	83
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
9. REFERÊNCIAS	89
ANEXOS.....	96

1. INTRODUÇÃO E ENFOQUE METODOLÓGICO

O escopo deste trabalho é analisar as potencialidades educacionais da divulgação científica como elemento de aprofundamento cultural sobre uma cratera de impacto meteorítico, localizada no distrito de Vista Alegre, no município de Coronel Vivida, Paraná.

Identificada em 2004, esta feição geológico-geomorfológica ainda é mais bem conhecida no meio acadêmico, demandando, assim, estudos aprofundados no sentido da difusão pública das informações relativas a essa feição.

A proposta é usar como estratégia a educação não formal por meio de divulgação em internet, visando a “apropriação” deste patrimônio, seu conteúdo científico e o conhecimento da origem e evolução da cratera por parte da comunidade.

Dentre as múltiplas definições de educação não formal, Gohn é um dos autores que propõe uma visão ampla e adotada na execução do presente trabalho, já que envolve a relação com o ensino formal, sendo então:

[...] aquela voltada para o ser humano como um todo, cidadão do mundo, homens e mulheres. Em hipótese alguma ela substitui ou compete com a Educação Formal, escolar. Poderá ajudar na complementação dessa última, via programações específicas, articulando escola e comunidade educativa localizada no território de entorno da escola. (GOHN, 2006, p. 32).

Neste contexto, ações de educação não formal sobre a cratera de Vista Alegre podem vir a gerar uma relação, um vínculo, entre a sociedade local e o geossítio, evocando a etimologia da palavra “patrimônio”, no sentido de “apropriação” ou legado de um grupo social.

O enfoque metodológico deste trabalho tratou, em um primeiro momento, de análise bibliográfica sobre patrimônio geológico, que engloba o meio abiótico, como os patrimônios geomorfológico, paleontológico, dentre outros (BRILHA, 2005). Analisou-se também a formação de crateras de impacto, suas causas, como cometas e asteroides, e seus efeitos sobre a superfície de planetas e luas, bem como uma análise sobre os possíveis efeitos destes impactos sobre a Terra (SAGAN; DRUYAN, 1986). Posteriormente, foi realizada uma análise do local de impacto em Coronel Vivida e sua evolução anterior e posterior ao impacto (CARNEIRO, 2007, RENNE et al., 1992, CRÓSTA et al., 2011). No desenvolvimento

desta pesquisa, também foram realizadas simulações do impacto que ocasionou a cratera por meio de *softwares* livres.

Outra análise efetuada é a comparação de fotos realizadas em 1980 pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geologia (ITCG) com imagens de satélite atuais, para uma visualização dos efeitos antrópicos sobre a área central da cratera.

Com estes levantamentos e uma etapa de campo buscou-se uma melhor compreensão do ponto de vista educacional e interdisciplinar dos processos relacionados à cratera de Vista Alegre, no município de Coronel Vivida, no Paraná.

A partir dos dados levantados, foi gerado um vídeo-documentário com duração aproximada de oito minutos, que buscou condensar as informações técnicas, contando a história do lugar em linguagem acessível. Este vídeo encontra-se disponível publicamente desde 4 de fevereiro de 2017 no endereço: https://www.youtube.com/watch?v=U_JW-M3ZR0c.

Na sua finalização, o vídeo foi submetido a uma pesquisa com questionários para público específico, ligado à educação formal na Universidade Estadual de Ponta Grossa, que levou a eventuais análises sobre sua eficiência como educação não formal.

Buscou-se neste vídeo apresentar este patrimônio geológico de maneira fortemente visual e ampla, valorizando a cratera de impacto como palco de acontecimentos importantes e testemunho de evento raro no âmbito geológico do Brasil.

A relação entre as disciplinas abrangidas pela Geografia Física e suas interações permeiam o desenvolvimento deste trabalho, enfatizando aspectos ora astronômico, ora geológico/geomorfológico, paleontológico e/ou climático/antrópico.

O levantamento de dados se deu da seguinte forma:

ETAPA 1: o aprofundamento dos estudos bibliográficos foi realizado por análise de publicações sobre a história da cratera de Vista Alegre, abrangendo Geologia, Geomorfologia, Geografia, Astronomia e Climatologia, dentre outras ciências. Também foram realizados estudos sobre a transposição destas informações utilizando-se mecanismos não formais para a valorização do patrimônio geológico.

ETAPA 2: foram efetuadas simulações do impacto e comparações entre fotografias da década de 1980 e dados de satélite atuais; coleta de dados de

campo, como imagens e impressões atualizadas do local; analisou-se o que já foi efetuado como educação não formal por meio de painéis e folhetos na área de estudo; foram efetuadas entrevistas com alunos de Geografia da UEPG e professores da rede pública estadual no âmbito do Plano de Desenvolvimento Educacional (PDE-PR) antes e após a apresentação do vídeo educacional. A pesquisa se deu de forma qualitativa.

Para a pesquisa qualitativa sobre as entrevistas e a eficiência do vídeo, a análise dos dados se deu focando-se a “construção do conhecimento” (BAUER; GASKELL, 2002). Para tanto foram aplicados dois questionários com o objetivo de dar inteligibilidade ao conhecimento dos entrevistados: o primeiro previamente à apresentação do vídeo, para avaliar o conhecimento específico do público alvo sobre o tema, e outro após a audiência do vídeo, para verificar se a “construção do conhecimento” se deu de maneira desejada. A finalidade deste método é estruturar os dados para uma interpretação dos resultados obtidos e confrontá-los pela sua comparação. As questões foram, em sua maioria, abertas, porém, sempre precedidas de uma questão “chave” objetiva, cuja concordância seria verificada após a análise das respostas posteriores. O delineamento da pesquisa como a geração de dados, redução e análise foram efetuados inicialmente com um público restrito: professores e alunos de Geografia, o que torna os resultados, até certo ponto limitados, pois não englobaram o conhecimento social em um amplo espectro. Entretanto vale ressaltar que este público é de suma importância para o entendimento de como a educação formal trata dos temas relacionados, pois é um público que forma ou formará opinião.

Segundo Bogdan & Biklen (1991): “[...] apesar das diferenças, todas as investigações caem na rubrica da investigação qualitativa.”. Para os autores, a investigação qualitativa é o ambiente natural, ou seja, o contato direto entre o investigador e o local ou pessoas investigadas. É descritiva, focada no processo, indutiva, e seu significado é de importância vital, pois existe uma preocupação mais intensa com a perspectiva dos participantes da pesquisa.

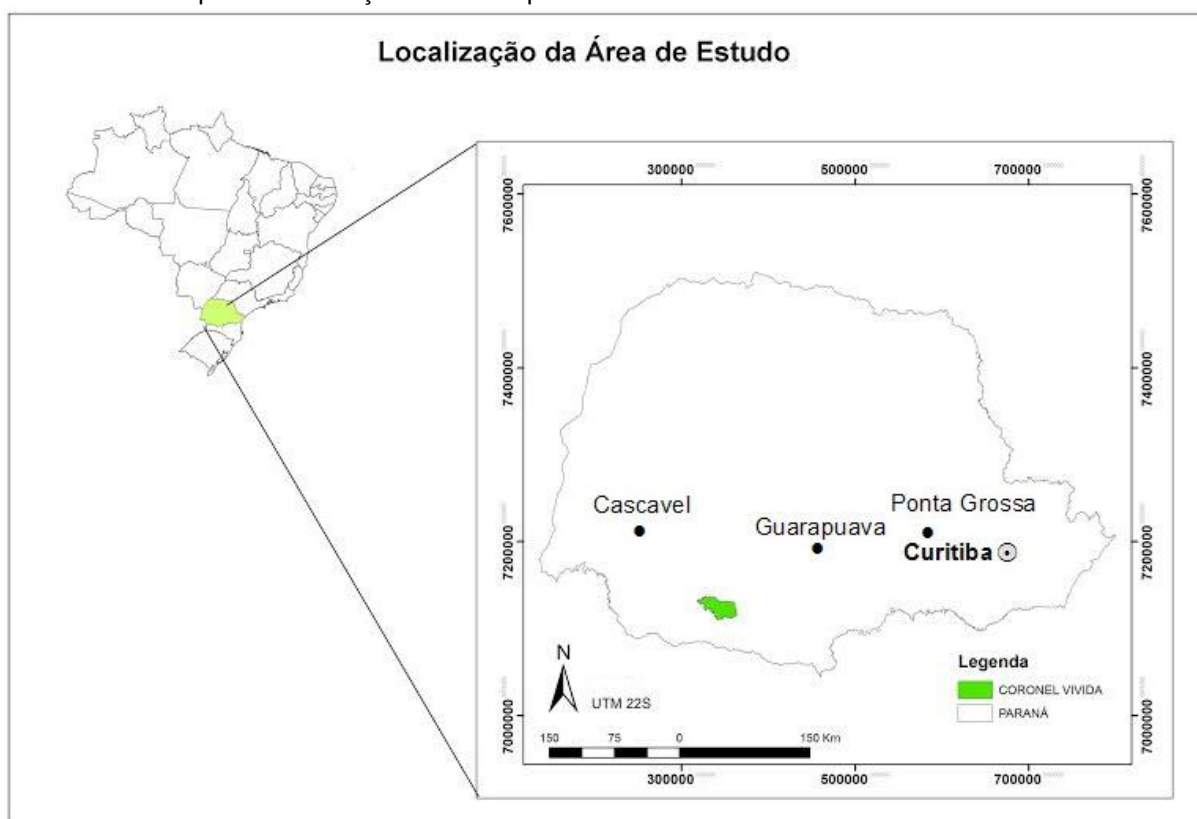
Conforme essa “perspectiva dos participantes”, seja de forma direta, através da pesquisa por questionários, seja pela divulgação do vídeo na internet para a população em geral, este trabalho segue os preceitos de uma pesquisa qualitativa que enfatiza a difusão pública do conhecimento.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cratera de impacto de Vista Alegre, no município de Coronel Vívda, encontra-se no sudoeste do estado do Paraná. Sua localização referente ao ponto central da estrutura se faz pela latitude $25^{\circ}57'S$ e pela longitude $52^{\circ}42'W$ (figura 1).

A cratera possui 9,5 km de diâmetro e a diferença altimétrica entre o centro e a borda é de aproximadamente 300 metros (FERNANDEZ et al., 2013).

FIGURA 1 – Mapa da localização do município de Coronel Vívda – PR.

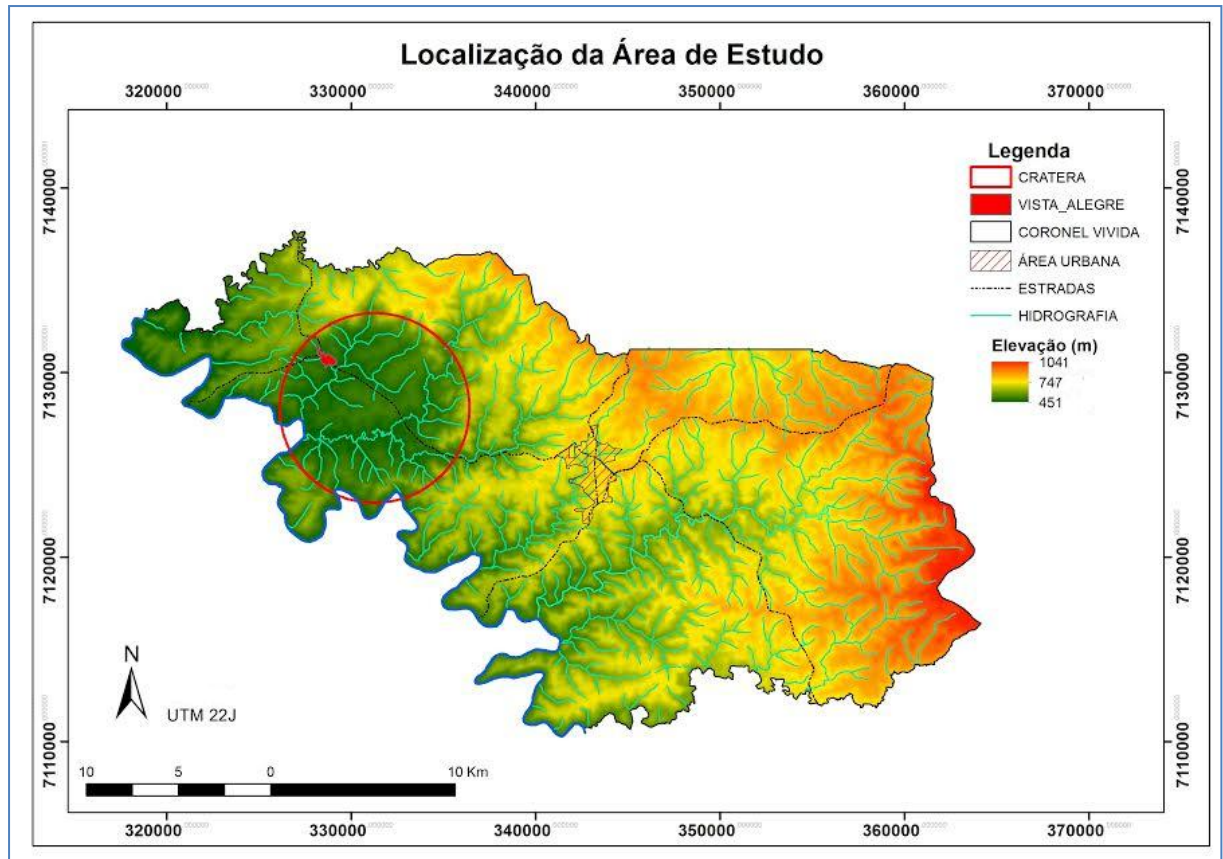


Fonte: O autor (2017).

O município de Coronel Vívda compreende uma área de 684,417 km² (IBGE, 2015). Grande parte de sua população, cerca de 21.749 habitantes, segundo IBGE (2010), vive na área urbana.

Vista Alegre é um distrito de Coronel Vívda e dista do seu centro cerca de 12 km, já dentro da cratera homônima. A distância de Coronel Vívda a Vista Alegre, assim como a posição relativa da cratera são visualizadas na figura 2.

FIGURA 2 – Localização da cratera de Vista Alegre em relação ao município de Coronel Vivida.



Fonte: O autor (2017).

3. METEORITOS E CRATERAS

3.1- Origem de asteroides e cometas

O planeta Terra, assim como todos os objetos existentes no Sistema Solar, teve origem há aproximadamente 4,6 bilhões de anos, quando uma grande nuvem de gás e poeira entrou em colapso gravitacional formando o Sol, milhões de protoplanetas e trilhões de cometas e asteroides que, com o passar do tempo, através de colisões e interações gravitacionais, acabaram por configurar o sistema estelar que conhecemos hoje (SPOHN et al., 2014).

A Terra, de maneira simplificada, é fruto de incontáveis colisões, o que lhe proporcionou o acréscimo de massa. Sem colisões, a Terra, assim como qualquer outro planeta ou lua, não existiria (YENNE, 1987).

A Terra e todos os planetas e luas do Sistema Solar, desde sua formação, sofreram com os resquícios de cometas, asteroides e até mesmo corpos de grandes proporções, como foi o caso da formação da Lua pela colisão de um planeta com as dimensões de Marte com a Terra (WARD; BROWNLEE, 2001).

A figura 3 ilustra a Terra há cerca de 4,5 bilhões de anos e a quantidade de detritos (rochas, poeira e gelo) em sua órbita. É possível notar grande quantidade de asteroides próximos ao planeta recém-formado e um impacto de grandes proporções na forma de ponto luminoso em sua superfície.

FIGURA 3 – Simulação da Terra há cerca de 4,5 bilhões de anos.

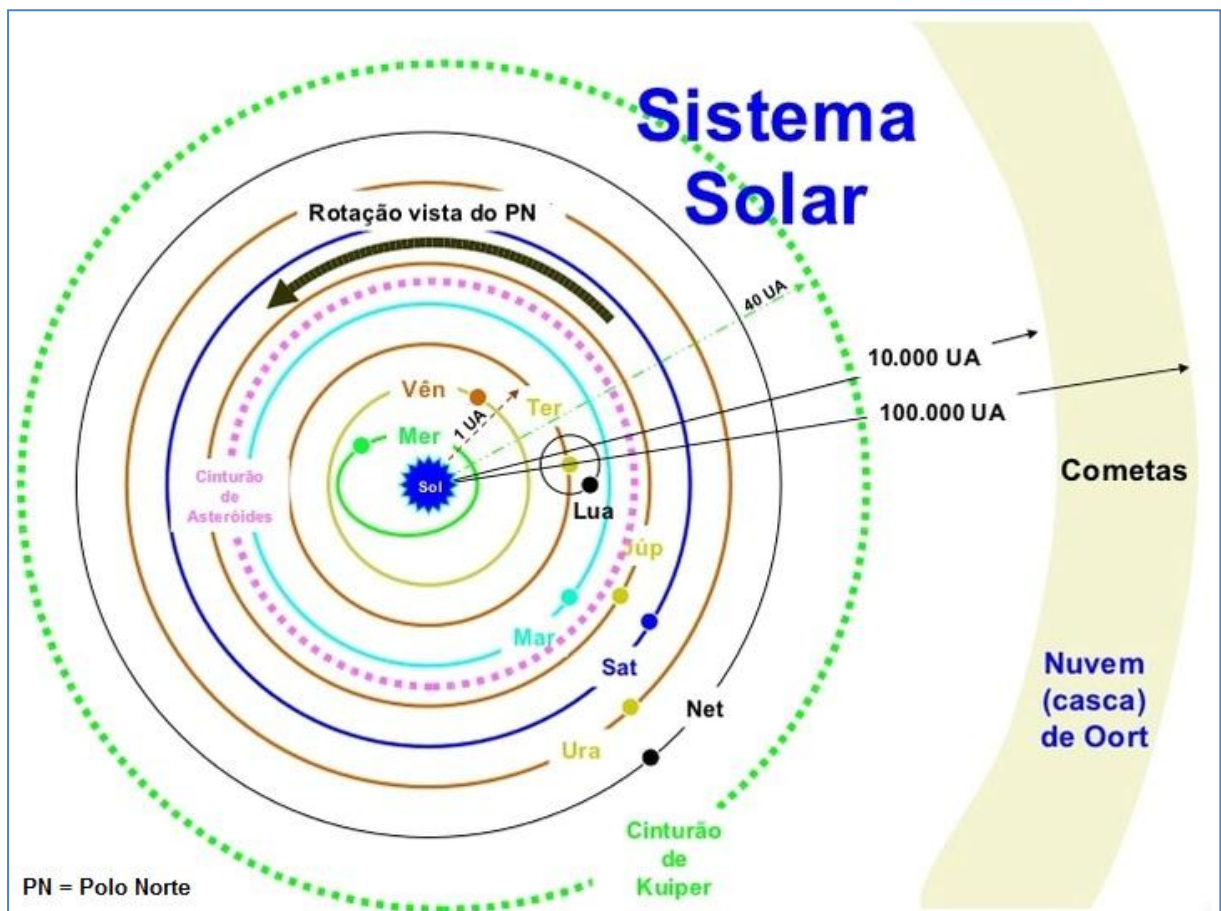


Fonte: O autor (2016).

Os planetas gigantes, como Júpiter, Saturno, Urano e Netuno trataram de “limpar” suas respectivas regiões do gás que se afastou do Sol pelo vento de partículas oriundo deste “vento solar”, acumulando massa e tornando-se planetas conhecidos como “gigantes gasosos” (SPOHN et al., 2014).

Há cerca de 3,9 bilhões de anos ocorreu o grande “bombardeio tardio” (BAILEY, 2006), quando Júpiter e Saturno entraram em ressonância orbital (para cada órbita de Saturno em torno do Sol, Júpiter orbitava-o duas vezes). Este processo teve grande impacto na configuração do Sistema Solar, literalmente mudando as posições relativas de Urano e Netuno (afastando-os do Sol) e lançando uma grande quantidade de asteroides e cometas em direção ao Sistema Solar interior, incluindo a Terra, e ao Sistema Solar exterior (WARD; BROWNLEE, 2001). Por fim, este processo ordenou, de maneira dinâmica, três grandes regiões (não únicas) do Sistema Solar onde os asteroides e cometas são mais comuns (SAGAN; DRUYAN, 1986), conforme mostra a figura 4.

FIGURA 4 – Mapa do Sistema Solar contendo o Cinturão de Asteróides, o Cinturão de Kuiper e a Nuvem de Oort.



Fonte: O autor (2017).

O cinturão de asteroides está situado entre Marte e Júpiter e é formado por milhares de corpos rochosos que muito provavelmente teriam formado um planeta, não fosse a influência gravitacional de Júpiter. Também nele se encontra o planeta anão Ceres. O cinturão de Kuiper, situado além do planeta Netuno é formado por asteroides ricos em gelo e cometas de curta duração, além do planeta anão Plutão. Já a nuvem de Oort, situada há quase meio ano-luz do Sol ou 5 trilhões de quilômetros, é formada por cometas de longa duração (longas órbitas).

Estas três regiões são onde a maioria dos asteroides e cometas é encontrada. Porém, como o Sistema Solar é complexo, existem asteroides e cometas que não estão incluídos nestas regiões, possuindo órbitas independentes ou pertencentes a outros pequenos grupos espalhados pelas órbitas dos planetas ou mesmo coexistindo nestas órbitas. Estes corpos podem ou não apresentar órbitas definidas, dependendo muito das posições relativas com planetas como Júpiter ou até mesmo a Terra. Eles constituem um grupo mais raro, porém não desprezível.

A diferença básica entre cometas e asteroides é que os primeiros são formados principalmente por gelo de água (predominantemente), e compostos orgânicos. Eles possuem núcleo rochoso, mas ao se aproximarem do Sol, o gelo, devido ao acréscimo da temperatura, sublima, formando “caudas” com milhares ou milhões de quilômetros de extensão. Já os asteroides são identificados, inicialmente quanto à composição, por três grandes categorias: os metálicos, cuja maior parte da composição varia entre ferro, níquel e rocha semelhante a basalto; os silicosos, formados por rochas ricas em sílica; e os carbonáceos, formados principalmente por matéria orgânica complexa, sendo provavelmente, núcleos de antigos cometas cujo gelo já sublimou completamente (SAGAN; DRUYAN, 1986).

Há ainda classificações quanto à posição no Sistema Solar de alguns asteroides específicos, como os asteroides troianos (pequenos asteroides que acompanham a órbita de Júpiter), NEAR (sigla em inglês para objetos próximos da Terra), dentre outros (GLEISER, 2001).

A influência do planeta Júpiter no cinturão de asteroides, no cinturão de Kuiper e na nuvem de Oort é inegável. Júpiter sozinho possui massa superior a de todos os outros corpos do Sistema Solar somados, à exceção do Sol. Júpiter alargou as órbitas de cometas de longo período, formando a nuvem de Oort, assim como formou da mesma maneira o cinturão de Kuiper (WARD; BROWNLEE, 2001).

Para efeito de comparação, Júpiter possui 318 vezes a massa da Terra e seu centro de gravidade no Sistema Solar encontra-se na fotosfera do Sol, ou seja, a quase 700 mil quilômetros do núcleo solar. O Sol “cambaleia” gravitacionalmente devido à ação de Júpiter e ambos orbitam este centro de gravidade comum quase fora do próprio Sol. Em síntese, todos os planetas e até mesmo o Sol são influenciados gravitacionalmente por Júpiter (BAGENAL et al., 2006).

De maneira geral, a influência gravitacional de Júpiter organizou a maioria dos cometas e asteroides no Sistema Solar. Há aproximadamente 3,9 bilhões de anos, a quantidade de impactos de asteroides e cometas em planetas e luas diminuiu drasticamente, embora, vez ou outra, alguns asteroides ou cometas desgarrados, influenciados por interações gravitacionais com outros planetas ou até estrelas (no caso da nuvem de Oort) possam entrar em rota de colisão com qualquer objeto (GLEISER, 2001).

Asteroides e cometas variam muito quanto ao tamanho, estrutura, formato e órbita. De forma aleatória ou não, alguns acabam por cruzar a órbita da Terra e, inevitavelmente, acabam por se chocar com ela. A maioria é de pequeno porte, possuindo centímetros, e é desintegrada pela fricção com a atmosfera terrestre. Estima-se que mais de uma tonelada deste tipo de detrito, chamado de meteorito, caia sobre a Terra em apenas um dia. Quanto maior o asteroide ou cometa, mais raro ele é, tornando impactos deste tipo pouco prováveis em termos de milhares ou milhões de anos (GLEISER, 2001).

Estes corpos quando deslocados em direção ao Sol, tendem a ter órbitas extremamente elípticas, o que os torna potencialmente perigosos se cruzarem com a órbita da Terra em seu plano. Seguindo a segunda lei de Kepler, em que áreas iguais da órbita de um objeto são percorridas em tempos iguais, ao se aproximar do Sol, e consequentemente da Terra, asteroides e cometas tendem a aumentar suas velocidades e potenciais destrutivos.

Cometas como o Halley, por exemplo, que não cruza a órbita da Terra em seu plano, tem sua origem no cinturão de Kuiper, próximo da órbita de Plutão. Estes cometas são considerados de curta duração. No caso do cometa Halley, seu período orbital é de 76 anos. Ocorre que quando cometas como o Halley estão mais próximos do Sol, suas velocidades aumentam muito, chegando a 40 km/s. Um impacto com um cometa do tamanho, massa e velocidade do cometa Halley, poderia dizimar toda a civilização na Terra.

Cometas de longa duração, como o Hale-Bopp, observado em 1997, tem origem na nuvem de Oort e em seu periélio (ponto mais próximo do Sol), eles atingem velocidades superiores a 100 km/s, sendo ainda mais perigosos que os cometas de curta duração. Porém, este tipo de cometa é mais raro.

Já asteroides como da classe de Apollo e Atenas cruzam ocasionalmente a órbita da Terra no mesmo plano, sendo considerados perigosos. No entanto, a velocidade deles é baixa em relação aos cometas, estando entre 5 e 10 km/s no máximo.

Existem ainda os asteroides “desgarrados”. Estes estão entre Marte e Júpiter e, em seu afélio (ponto mais afastado do Sol), são influenciados por Júpiter que tende a enviá-los ao Sistema Solar interior, onde se situa a Terra. Este tipo de asteroide pode ter velocidade próxima da órbita da Terra, na ordem de 20 km/s ou mais, e possuir massas e tamanhos consideráveis (SAGAN; DRUYAN, 1986).

No caso de Vista Alegre, é provável de que o corpo impactante seja originário do cinturão de asteroides.

3.2- Crateras de impacto

Crateras de impacto são formações produzidas pelo impacto de um asteroide ou cometa sobre a superfície de um corpo com crosta sólida, seja outro asteroide, lua ou planeta.

Estas crateras são comuns em todo o Sistema Solar, principalmente em superfícies de corpos celestes onde não existe erosão ou onde a erosão não é substancial. Elas possuem, na maioria das vezes, feições características semicirculares ou até elípticas, sendo estas últimas mais raras (GLEISER, 2001), e podem ser consideradas as feições geográficas mais comuns e abundantes em todos os corpos de crosta sólida, mesmo sendo desgastadas por quaisquer processos.

A maioria das crateras de impacto é muito antiga, remontando à época do “grande bombardeio tardio” ocorrido há cerca de 3,9 bilhões de anos (BAILEY, 2006).

A dinâmica da formação de crateras de impacto passa pela transferência da energia cinética (velocidade) e da massa do corpo (asteroide ou cometa) para a superfície do alvo (planeta, lua ou asteroide), sendo que esta transferência (produto da energia e da massa), do que é chamado de bólido ou meteorito (quando o corpo

atinge a atmosfera), ocasiona uma explosão diretamente proporcional a estes dois fatores.

Quanto maior a energia cinética ou massa do corpo impactante, maior a transferência de energia e, por consequência, maior a liberação desta energia, que transforma a superfície do corpo impactado em uma cratera. Esta energia liberada é medida em milhares ou milhões de toneladas de T.N.T. (unidade que serve para avaliar o poder de um projétil nuclear comparando-se a energia produzida pela explosão desse projétil com a energia produzida pela explosão de toneladas de trinitrotolueno - kilotons ou megatons), exatamente como em explosões de bombas nucleares de fissão ou fusão, com a diferença de que não geram radioatividade (GLEISER, 2001).

Existem alguns fatores que influenciam na formação e na conservação deste tipo de feição geomorfológica na superfície de planetas ou luas. A geologia do local de impacto, por exemplo, pode influenciar na profundidade da cratera (quando o impacto é direto). Rochas basálticas tendem a ser mais deformadas que rochas graníticas, ou ainda, o gelo pode, em determinados locais no Sistema Solar exterior, onde a temperatura atinge centenas de graus abaixo de zero, ser tão compactado que sua estrutura chega a ser mais forte que a de rochas graníticas na Terra, gerando o que é conhecido como crateras raiadas (possuem raios de detritos fora da cratera) (SAGAN; DRUYAN, 1986).

Outro fator importante é a atmosfera do planeta ou lua. Na ausência de uma atmosfera, os impactos ocorrem diretamente sobre a superfície do planeta ou lua alvo. A implicação da falta de atmosfera inibe, em grande parte, o que é chamado neste tipo de evento de ondas de choque por compressão atmosférica. As ondas de choque em corpos celestes sem atmosfera são geradas em sua superfície e transportam a energia pela crosta do objeto impactado, sendo bem menos destrutivas que as ondas de choque em corpos em que essas ondas são transportadas pela compressão da explosão na atmosfera. Em síntese, o potencial destrutivo de um impacto é muito maior em mundos que possuem atmosferas (SAGAN; DRUYAN, 1986).

Um exemplo deste tipo de transporte de energia por compressão e consequente aumento do poder destrutivo pôde ser observado em 1994, quando vários fragmentos do cometa Shoemaker-Levi 9 atingiram a atmosfera de Júpiter (o maior planeta do Sistema Solar, com um volume equivalente a 1.200 Terras, sem crosta sólida, porém com uma atmosfera muito mais densa que a terrestre). O maior

dos fragmentos possuía aproximadamente o tamanho e volume do monte Everest. A explosão oriunda pela compressão atmosférica gerou uma onda de choque do tamanho do planeta Terra. Os demais fragmentos ocasionaram efeitos semelhantes, visíveis na atmosfera jupiteriana por meses (SAGAN, 1996).

A figura 5 demonstra o poder de devastação de dois dos fragmentos na atmosfera jupiteriana marcados com círculos registrados pelo telescópio espacial HUBBLE.

FIGURA 5 – Impactos dos fragmentos do Cometa Shoemaker-Levi 9 em Júpiter (1994).



Fonte: Slate Blog, 2015. Vídeo: **The Jupiter collision that let NASA to study near-Earth objects.**

Disponível em:

<http://www.slate.com/articles/video/video/2014/07/shoemaker_levy_9_comet_anniversary_the_jupiter_collision_that_led_nasa_to.html>. Acesso: 01 mar. 2015.

Os círculos, destacados na figura 5, possuem diâmetros maiores que o planeta Terra e as manchas negras são as alterações nas nuvens de Júpiter devido às explosões ocasionadas por partes do cometa. Considerando que Júpiter possui dez vezes o diâmetro da Terra, objetos com apenas 11 quilômetros de diâmetro ocasionaram explosões respeitáveis e visíveis da Terra, demonstrando seu poder destrutivo.

Na Terra, a atmosfera é bem menos densa, porém, admite-se que as ondas de choque ocasionadas pelo asteroide que gerou a cratera de Chicxulub, na península de Yucatã, no México (praticamente do mesmo tamanho que o primeiro fragmento do cometa Shoemaker-Levi 9 que atingiu Júpiter), ocasionaram uma

extinção em massa que chegou a dizimar cerca de 60% (os percentuais variam de acordo com a metodologia aplicada) das espécies do planeta, há cerca de 65 milhões de anos, incluindo os dinossauros e os pterossauros (GLEISER, 2001).

A figura 6 mostra uma concepção artística do impacto em Chicxulub. Estima-se que o asteroide que atingiu a península de Yucatã possuía cerca de 11 quilômetros de diâmetro.

FIGURA 6 – Forma provável da explosão ocasionada pelo impacto que formou a cratera de Chicxulub há 65 milhões de anos.



Fonte: New Blow Against Dinosaur-killing Asteroid Theory, Geologists Find. **ScienceDaily**. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedaily.com/releases/2009/04/090427010803.htm>>. Acesso em 30 out. 2015.

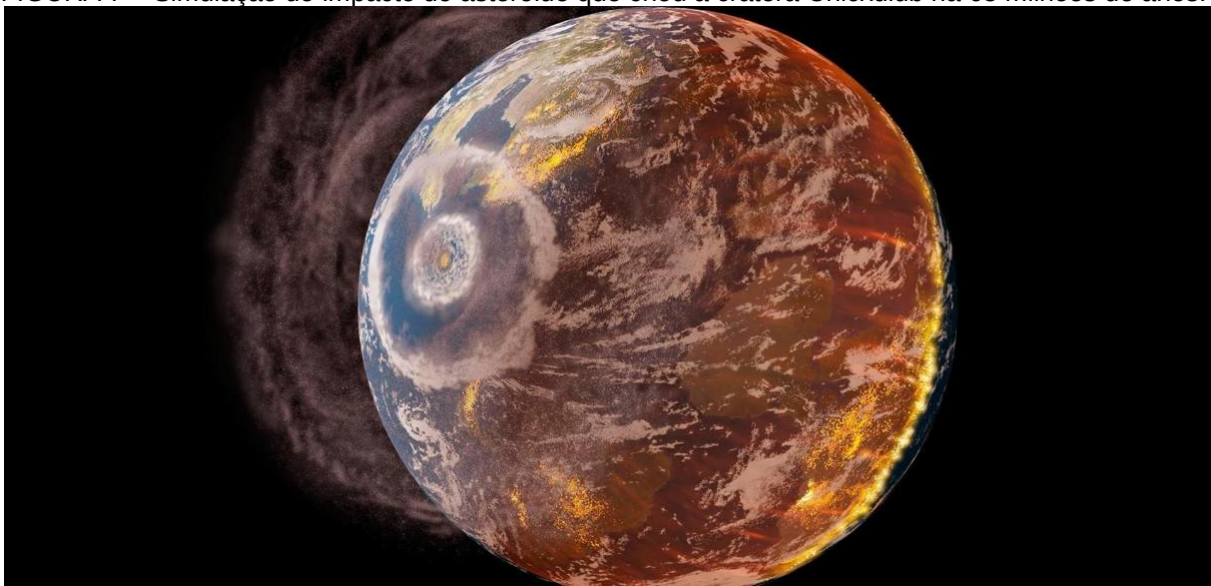
A cratera oriunda deste impacto possui entre 100 e 180 quilômetros de diâmetro (dependendo do autor referenciado) e o asteroide atingiu uma região rica em rochas carbonáticas (sedimentares). Devido a este fator, grande quantidade de dióxido de carbono foi lançado na atmosfera, desencadeando primeiramente um ciclo de esfriamento no planeta pela poeira levada à estratosfera e, em um segundo momento, após a poeira ser removida da atmosfera, um efeito estufa global. A explosão foi equivalente a quase um bilhão de toneladas de TNT (GLEISER, 2001).

A figura 7 simula as consequências imediatas do impacto ocorrido no final do Cretáceo, há cerca de 65 milhões de anos. O efeito foi imediato e o material ejetado na atmosfera ocasionou incêndios em todo o planeta, obscureceu o Sol,

ocasionando o que os cientistas chamam de “inverno nuclear” (menção ao que ocorreria caso a Rússia e EUA entrassem em um conflito nuclear) por anos (GLEISER, 2001).

Note-se que as ondas de choque se espalharam por todo o planeta e que os materiais ejetados para o espaço caíram sobre a Terra novamente devido à gravidade terrestre, ocasionando aquecimento até o ponto de combustão de florestas e temperaturas acima de 70°C até mesmo em desertos (GLEISER, 2001).

FIGURA 7 – Simulação do impacto do asteroide que criou a cratera Chicxulub há 65 milhões de anos.



Fonte: Disponível em: <<http://www.bbc.com/earth/story/20160415-what-really-happened-when-the-dino-killer-asteroid-struck>>. Acesso 15 dez. 2015.

Em planetas com atmosfera como a Terra também é possível ocorrer impactos de cometas ou asteroides que não chegam a atingir a crosta propriamente dita.

Em 1908, na região de Tunguska, na Sibéria, um asteroide ou um pedaço do cometa Enke (existem divergências entre os estudiosos do assunto) explodiu na atmosfera, a cerca de 8 quilômetros da superfície terrestre, destruindo o equivalente a 2.000 quilômetros quadrados da floresta de Taiga (comum na Sibéria). A explosão se deve ao atrito do cometa ou asteroide com a atmosfera terrestre (quando adentra a atmosfera passa a chamar-se meteoro ou estrela cadente e meteorito, quando atinge a superfície terrestre). A atmosfera impõe tamanha pressão por atrito, que o objeto acaba por se desintegrar, transferindo para a atmosfera toda a sua energia, ao invés de transferir para o solo.

Neste caso em particular não houve formação de uma cratera de impacto, mas o deslocamento de ar oriundo da explosão foi suficiente para destruir uma

grande área de uma região pouco povoada (não há relato de vítimas fatais). Este evento é chamado de “A grande explosão Siberiana” e se tivesse ocorrido apenas quatro horas depois, poderia ter destruído a cidade de São Petesburgo devido à rotação da Terra (CLARKE, 1980).

A figura 8 mostra uma foto do ano de 1928 da área atingida.

FIGURA 8 – A grande explosão siberiana.



Fonte: **NASA: THE TUNGUSKA IMPACT--100 YEARS LATER**

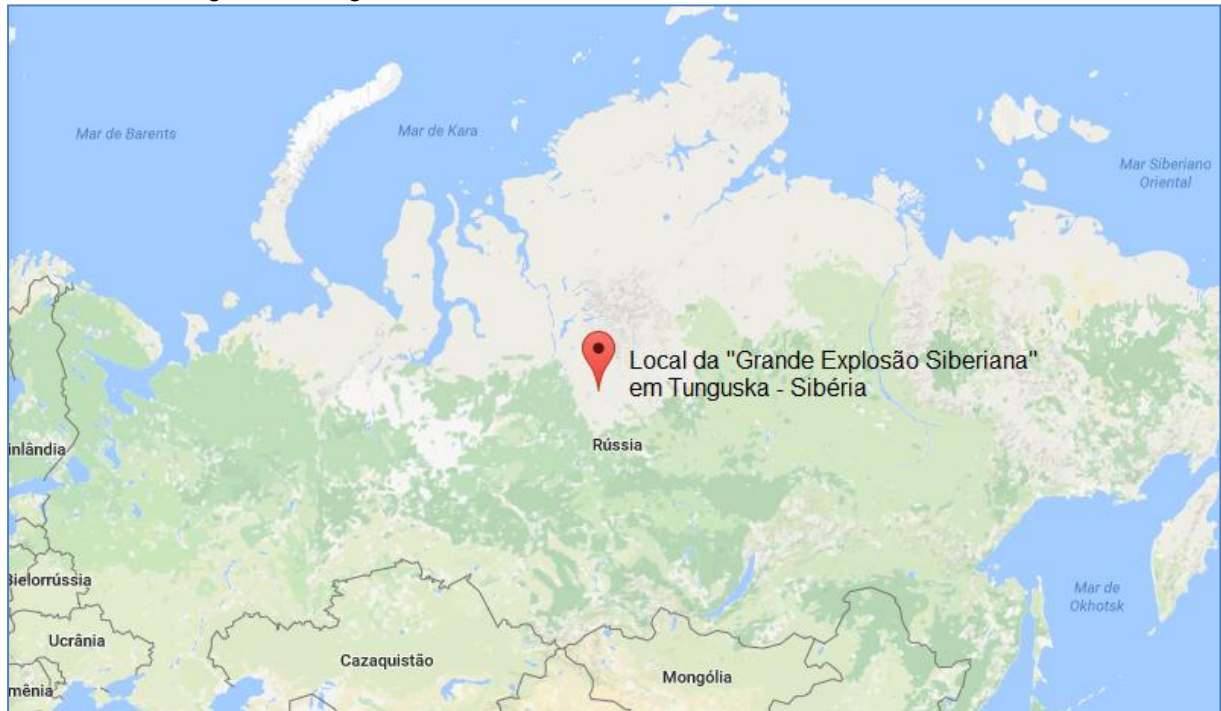
<http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2008/30jun_tunguska/>. Acesso: 01 mar. 2015.

Para se ter uma ideia da devastação ocasionada, a primeira expedição enviada ao local foi em 1927, quase 20 anos após o ocorrido. Mesmo depois deste tempo, a expedição encontrou um cenário de desolação. Árvores totalmente carbonizadas até onde era visível, conforme os relatos de Clarke (1980):

O que não deixou dúvida, após o levantamento aéreo foi a impressionante extensão da área atingida. A devastação estendeu-se por mais de 2.000km², ou uma área das mesmas dimensões de Birmingham, Inglaterra, ou Filadélfia, nos Estados Unidos. Ainda assim, nesta Blitz, havia alguns aspectos extremamente curiosos. Bem no meio da área, ainda permanecia de pé um grande número de árvores, embora com seus galhos decepados. Além disso, a despeito de todos os diligentes levantamentos, escavações, perfurações, absolutamente nenhum sinal foi encontrado de que alguma coisa realmente atingira a terra. Houve pelo menos duas ondas de choque, uma explosão e uma balística, bem como extensos embora breves incêndios e algumas queimaduras de exposição ao calor. Mas nenhum vestígio de dano produzido por impacto. (CLARKE, 1980, p. 161).

A figura 9 a seguir evidencia a região de Tunguska na Rússia onde ocorreu a explosão atmosférica. A região é remota e até hoje de difícil acesso.

FIGURA 9 – A região de Tunguska, na Rússia.

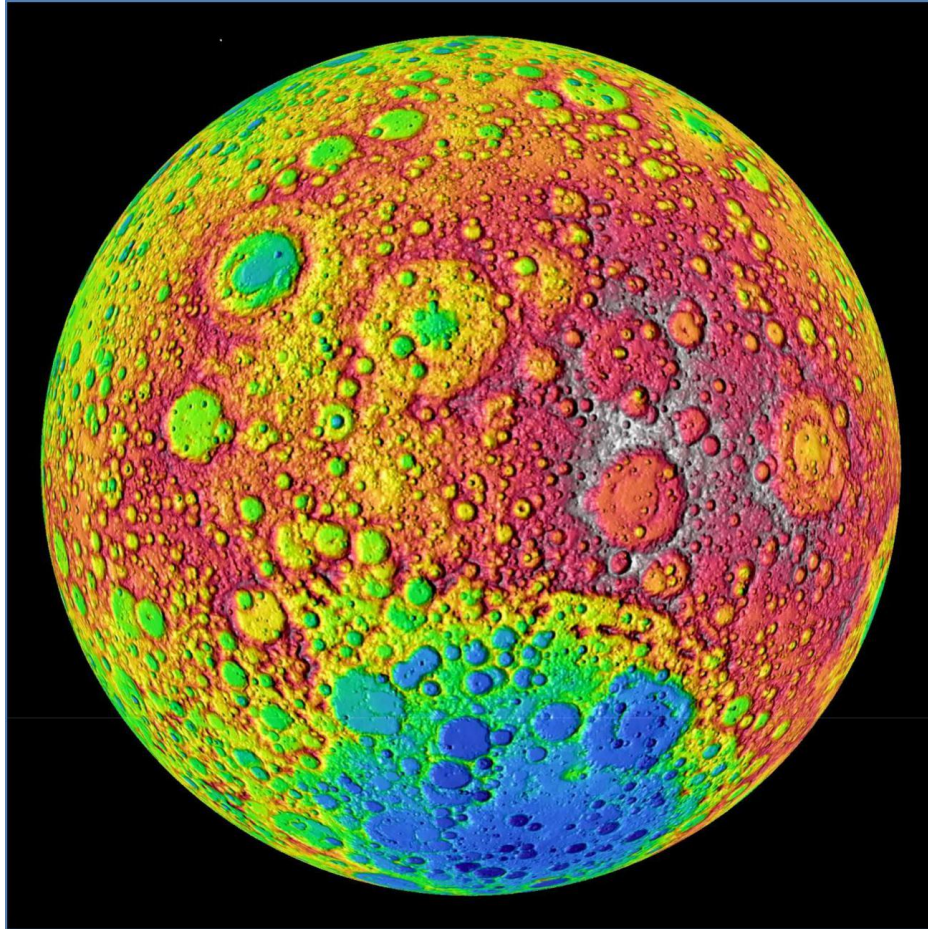


Fonte: GoogleMaps, 2015.

Crateras de impacto são relativamente raras na Terra em função da ação do intemperismo físico e químico na superfície do planeta, capaz de erodir e destruir estas feições. A tectônica de placas, vulcanismo, orogenia, clima, água e ação da própria vida no planeta tendem a desgastar estas características únicas, comuns em outros corpos do Sistema Solar com crosta sólida, como a Lua, por exemplo (GUERRA; GUERRA, 2008).

A Lua, assim como outros corpos do Sistema Solar, não possui atmosfera, água em estado líquido, tectônica ou vulcanismo ativo. Neste caso, as crateras lunares tendem a durar entre milhões e bilhões de anos, pois não há agente erosivo substancial, afora o intemperismo físico, para ocasionar uma erosão apreciável na superfície. É importante observar que a Lua possui milhões de crateras de impacto que variam de metros a centenas de quilômetros de diâmetro, conforme figura 10.

FIGURA 10 – Lado oculto da Lua e respectivas crateras de impacto.



Fonte: NASA. **Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO)**. Disponível em: http://www.nasa.gov/mission_pages/LRO/news/first-year.html. Acesso: 02 mar. 2015.

Nesta imagem (figura 10), pode-se observar que o lado oculto (face da Lua não voltada para a Terra) não possui bacias de derramamento de lava, como os “mares” vistos da Terra pela face visível (face da Lua sempre voltada para a Terra). Os “mares” também foram ocasionados pelo derretimento da crosta lunar devido a gigantescos impactos. As cores, nesta imagem, indicam altitude, sendo azuis para terrenos mais baixos (abaixo da altitude média da Lua) e vermelhos para terrenos mais altos (acima da altitude média).

Não há motivo para pressupor que na Terra fosse diferente, já que ambos os corpos compartilham uma mesma posição no Sistema Solar.

Ocorre que os processos erosivos na Terra são muito mais acentuados que na Lua e, devido à presença de uma atmosfera relativamente densa, grande parte dos objetos que atingem o planeta Terra é destruída pela fricção atmosférica ou fragmentada pela mesma por serem de pequeno tamanho. Os oceanos e ciclo hidrológico (chuvas, rios, etc), além dos fatores bióticos, e tectônicos, inexistentes na

Lua, influenciam diretamente a erosão das crateras de impacto na Terra; caso contrário, certamente por possuir uma gravidade e área maior, a Terra teria um número ainda maior de crateras que a Lua.

Como aspecto da geodiversidade, as crateras de impacto na Terra são especiais devido aos fatores singulares de cada área terrestre, que evolui de acordo com o clima, vulcanismo, tectônica de placas e da vida. Cada cratera possui longevidade diferente, dependendo de uma série de circunstâncias, e sua importância para a compreensão de como o planeta evolui no tempo geológico é preciosa.

A formação de crateras de impacto é um evento singular, relacionada a uma imensa transferência de energia do objeto oriundo do espaço que atinge a crosta terrestre com massa e velocidades muito grandes, muitas vezes deformando-a ou destruindo-a (destruindo o asteroide ou cometa que a ocasiona juntamente no evento), acrescido de seu poder de destruição pela própria atmosfera terrestre.

As feições e o tamanho das crateras ainda não totalmente destruídas pela ação dos fatores geológicos ou químicos existentes na Terra permitem um melhor entendimento da força e da natureza de sua formação. É necessária, para efeito de estudos científicos, a conservação destas feições, dentro das possibilidades, objetivando o conhecimento da mecânica de sua formação, sua periodicidade (se existente) e o potencial perigo para a sociedade.

Mais recentemente, o efeito antrópico sobre este tipo de formação geológica tem agravado o desgaste de crateras de impacto, outrora natural. Alguns destes geossítios podem se perder, levando consigo informações valiosas sobre sua formação.

Crateras de impacto fazem parte da geodiversidade do planeta e ações de geoconservação são importantes para a preservação de um legado. Uma das mais famosas crateras de impacto é conhecida como a Cratera do Meteoro e está localizada perto da cidade de Winslow, no estado do Arizona, Estados Unidos. A cratera tem pouco mais de um quilômetro de diâmetro e 200 metros de profundidade. Os cientistas acreditam que ela foi formada há aproximadamente 50 mil anos por um meteorito metálico de aproximadamente 50 metros de diâmetro que se chocou com a superfície a 40.000 km/h com a força de uma bomba de hidrogênio de 1 megaton (GLEISER, 2001). O geoturismo na área da cratera chega a duzentos e cinquenta mil visitantes por ano ao preço que varia de onze a quinze dólares por

pessoa (<http://www.grandcanyonguru.com/national-parks-near-grand-canyon/meteor-crater>).

Na figura 11, é possível ter uma ideia do tamanho e da paisagem da cratera em Arizona – EUA.

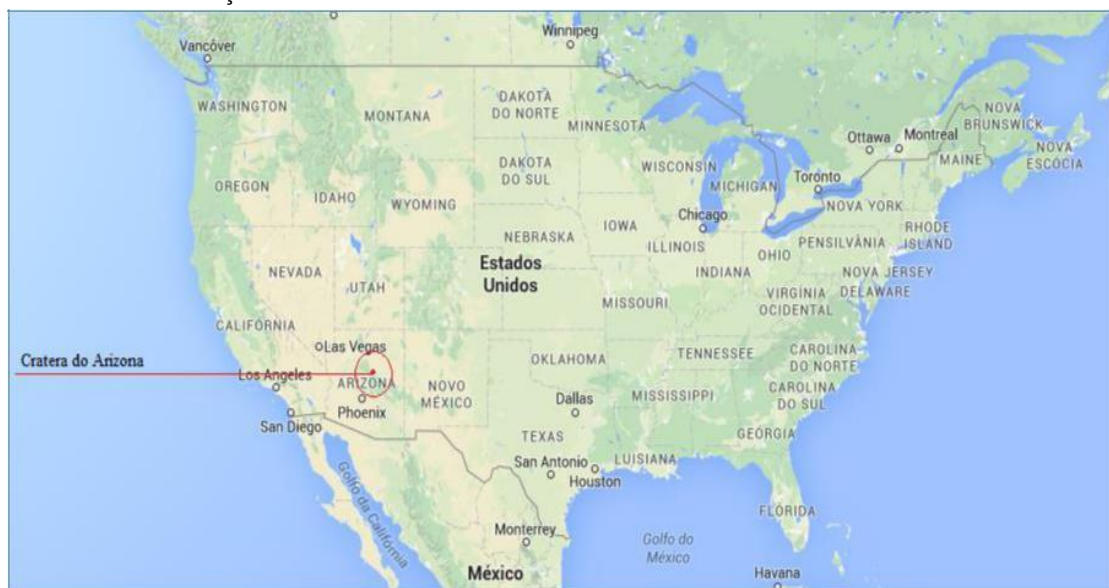
FIGURA 11 – Cratera do meteoro – Arizona – EUA.



Fonte : **Meteor Crater**. Disponível em: <http://www.meteoroman.org/Meteor_Crater-sale.htm>. Acesso: 02 mar. 2015.

A figura 12 a seguir mostra a localização no mapa dos Estados Unidos da Cratera do Meteoro, no estado do Arizona.

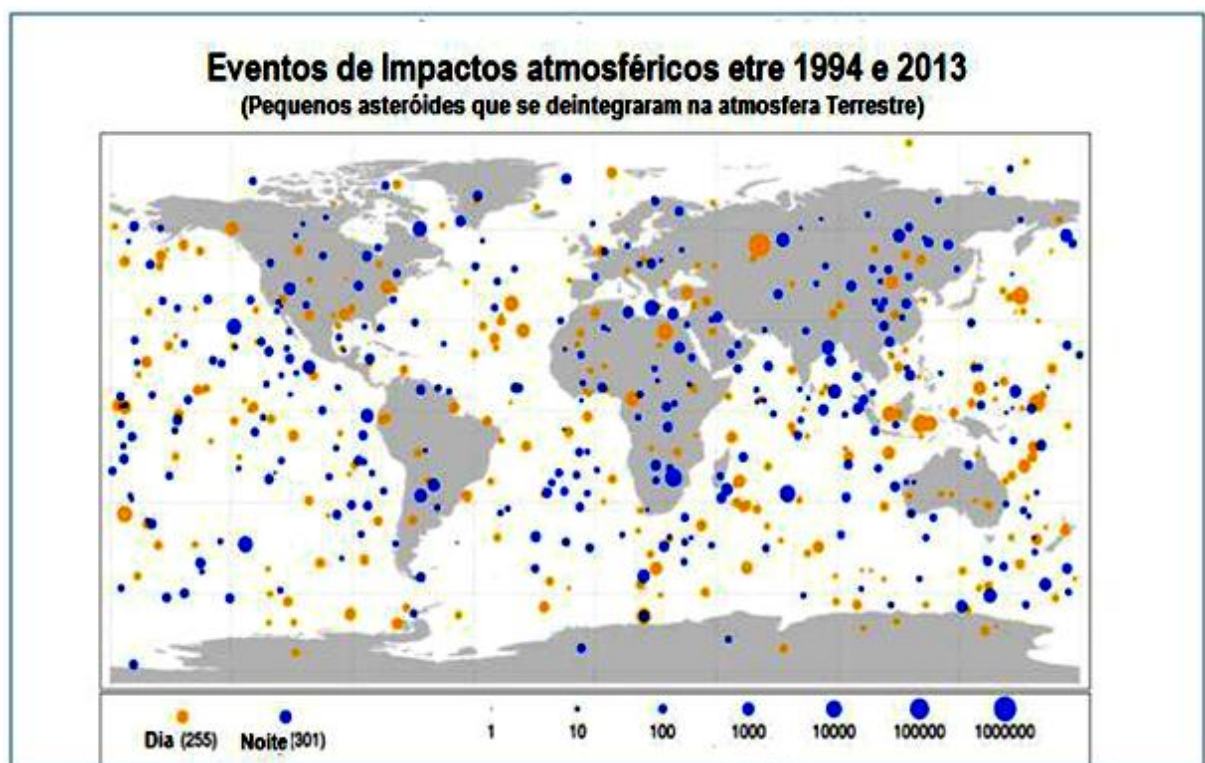
FIGURA 12 – Localização da Cratera do Meteoro – Arizona – EUA.



Fonte : **Google Maps**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@39.782174,-111.9932223,4z>>. Acesso: 02 mar. 2015.

Até o presente momento, 172 crateras foram descobertas em todo o planeta Terra. No entanto, estes dados não significam que a Terra não seja “bombardeada” por detritos de asteroides ou cometas continuamente. A atmosfera da Terra absorve e destrói tais detritos, dependendo de sua composição e tamanho. Entre 1994 e 2013, por exemplo, mais de 500 explosões foram detectadas pela NASA na alta atmosfera do planeta. A figura 13 mostra os impactos detectados pela NASA em todo o mundo, o que indica a excepcionalidade de crateras de impacto já que a maioria dos corpos (asteroides ou cometas) é destruída nestas explosões.

FIGURA 13 – Mapa de explosões atmosféricas ocasionadas por pequenos fragmentos.



Fonte: NASA. **New Map Shows Frequency of Small Asteroid Impacts, Provides Clues on Larger Asteroid Population.** <<http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=4380>>. Acesso: 02 fev. 2015.

No Brasil há apenas sete crateras de impacto reconhecidas (Crósta, 2012; Crósta; Vasconcelos, 2013). O Brasil possui relativamente poucas crateras de impacto preservadas devido ao clima no território brasileiro, na maior parte com médias de chuva acima de 1.000 mm anuais e sua rica flora, o que acelera os fatores de intemperismo químico sobre estas crateras (mesmo levando em consideração as alterações climáticas dos últimos milhões de anos).

Outro fator é que, devido à grande concentração de matas no norte e centro-oeste brasileiro, a identificação deste tipo de forma de relevo fica prejudicada.

Ainda existem possíveis crateras de impacto que estão sendo analisadas, conforme mostra a figura 14.

FIGURA 14 – Crateras de impacto e de possíveis crateras de impacto no Brasil.



Fonte: O autor (2017).

4. CORONEL VIVIDA E VISTA ALEGRE

4.1- A Cratera de Vista Alegre

No Paraná, o registro da cratera de Vista Alegre ocorreu em 2004, pelo geólogo Álvaro Crósta, professor do Instituto de Geociências da Universidade de Campinas (UNICAMP), e veio agregar mais uma cratera de impacto à lista destas estruturas conhecidas no território nacional (SANTOS, 2006).

Não obstante a topografia peculiar do município (figuras 15 e 16), a estrutura encontrada em Coronel Vivida só foi reconhecida como uma cratera de impacto após criteriosos estudos de Crósta e sua equipe. Esta feição é mais facilmente reconhecível depois de análises em imagens aéreas combinadas com os estudos petrológicos e geoquímicos.

A descoberta da cratera de Vista Alegre se deu por “acaso”, quando em 2004 o engenheiro florestal Osmar Eugenio Kretschek leu uma entrevista de Crósta sobre crateras de impacto no Jornal da Unicamp e, entrando em contato com o autor, informou-o sobre a existência de uma intrigante formação circular no distrito de Vista Alegre, em Coronel Vivida, no sudoeste do Paraná (SUGIMOTO, 2009).

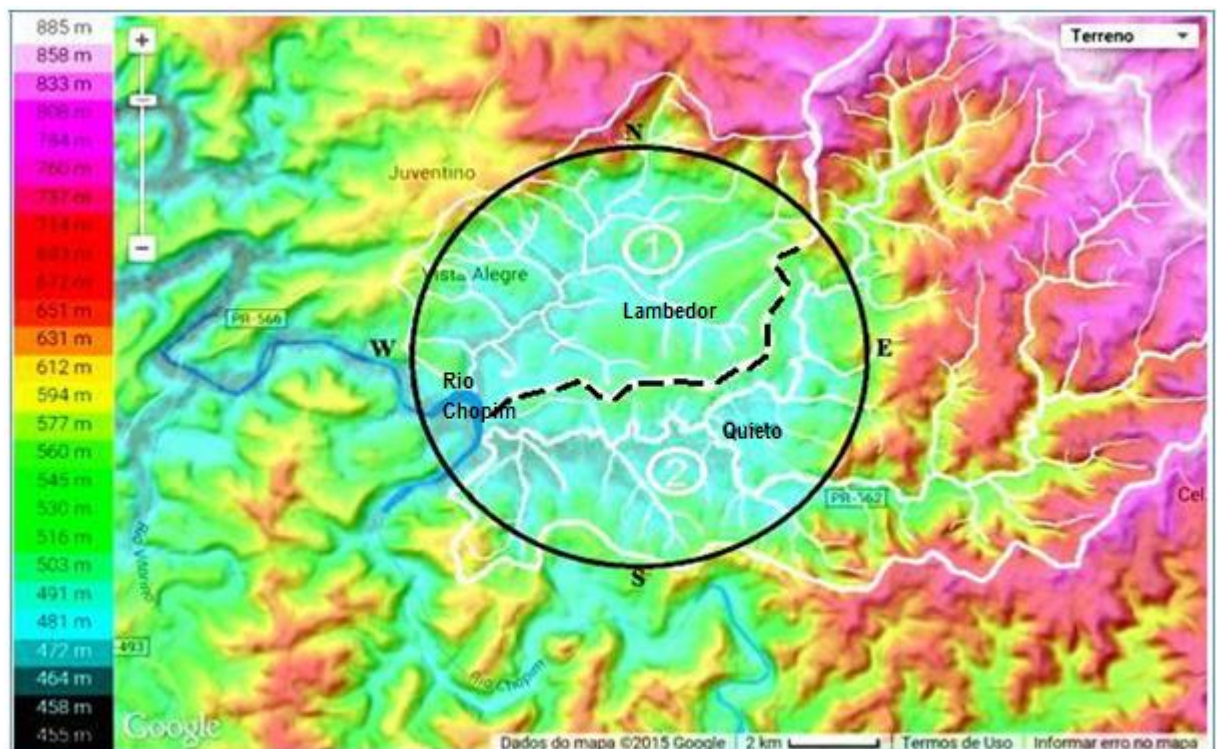
Crósta e seus alunos deslocaram-se até a área no mesmo ano e, ao efetuar pesquisas no local, verificaram que o local mostrava evidências de que a depressão circular havia sido formada pelo impacto de um meteorito.

FIGURA 15 – Panorama da cratera de Vista Alegre em Coronel Vivida – PR, a partir de sua borda.



Fonte: O autor (2016).

FIGURA 16 – Área da cratera de Vista Alegre dentro do município de Coronel Vivida com representação da topografia e mostrando padrões de drenagem.

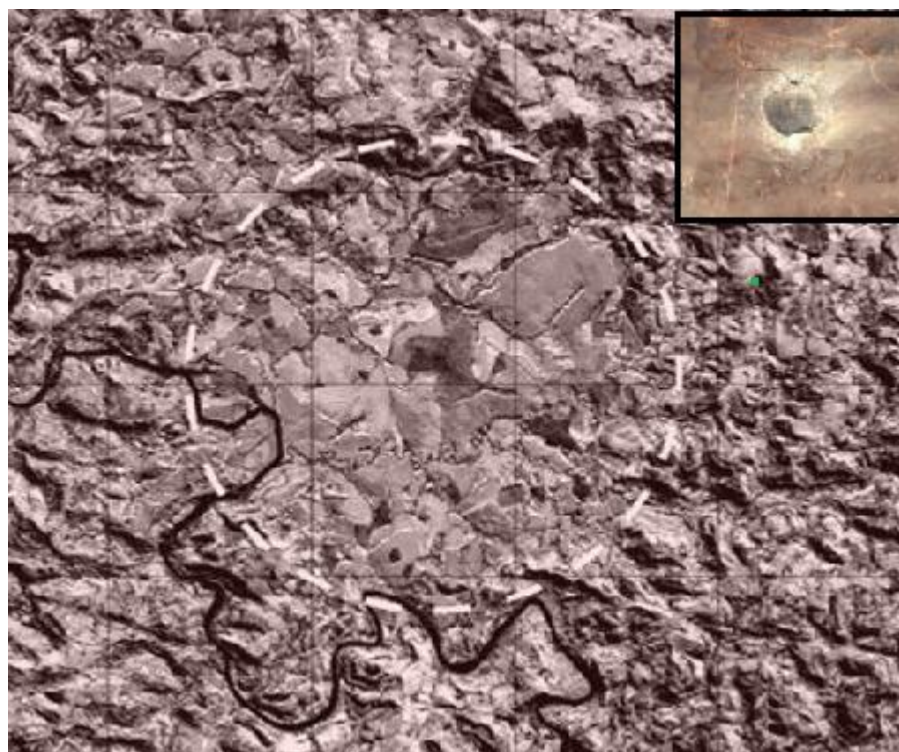


Fonte: O autor (2016).

A cratera é uma depressão de formato circular e possui 9,5 quilômetros de diâmetro, sendo, portanto, muito maior que a cratera do Arizona nos Estados Unidos (SUGIMOTO, 2009), que possui 1,3 quilômetros de diâmetro conforme comparação apresentada na figura 17, que mostra também o aspecto deste tipo de estrutura quando recente ou pouco alterada no caso norte-americano.

A área total da cratera é enorme e é utilizada principalmente para cultivo de grãos, sendo terras bastante valorizadas devido à topografia mais favorável do interior da estrutura, conforme constatado por Crósta (2009).

FIGURA 17 – Comparação entre imagens de satélite da cratera de Vista Alegre e da cratera do Arizona (EUA), no canto superior direito.



Fonte: UNICAMP. **Jornal da Unicamp**. Disponível em: http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/maio2004/ju250pag03.html e GoogleEarthPro. Modificado pelo autor. Acesso: 11 dez. 2015.

A cratera de Vista Alegre está ligada não somente à área onde ocorreu o evento, mas também ao asteroide que a gerou e sua evolução no tempo (GLEISER, 2001). A mesma se encontra sobreposta ao derramamento de lava basáltica na região do Terceiro Planalto Paranaense, que ocorreu no início do Período Cretáceo da Era Mesozoica (RIBAS, 2010), que hoje é rico em solo avermelhado, originário da decomposição do basalto. Estas rochas, de origem vulcânica, são o resultado de vulcanismo fissural, ocorrido há cerca de 133 milhões de anos no sul da América do Sul e são conhecidos como “derrames de Trapp”.

As temperaturas e pressões extremas geradas em decorrência da colisão (ou explosão no solo e atmosférica) levaram à fragmentação das rochas que ali se encontravam, ocasionando a formação de materiais únicos, no que diz respeito a contextos de crateras de impacto. Entre elas, feições inerentes a estes processos, tais como cones de estilhaçamento, de deformação e gotas de material vítreo (CRÓSTA, 2009).

Crateras de impacto como a de Coronel Vivida são de grande importância para a divulgação e/ou promoção/valorização da geodiversidade e, em particular, para a Geografia no sentido de fomentar o conhecimento científico interdisciplinar.

Para Crósta (2009), as crateras de impacto estão entre as mais fascinantes feições geológicas para a população, justamente por instigarem a imaginação sobre o passado do nosso planeta e sobre as transformações pelas quais este passou.

Ainda segundo este autor:

As crateras de impacto meteorítico representam eventos catastróficos de enormes proporções, que mexem com o imaginário das pessoas. Meus alunos têm feito palestras nas escolas do município de Coronel Vivida, utilizando a cratera como tema. Além de prosseguirmos com o trabalho científico, outro dos nossos objetivos é criar uma ponte entre ciência e cultura, aproveitando os elementos locais. (CRÓSTA, 2009).

O objeto que formou a cratera conseguiu atingir profundidade que afetou as rochas existentes abaixo do derrame de basalto, constituídas de arenito (que podem ser da Formação Botucatu ou não) (RIBAS, 2010). Há uma pedreira no centro da cratera de onde, até bem pouco tempo, se extraíam rochas e areia para uso civil. Em relação à profundidade do impacto para que se ultrapassasse o basalto até atingir o arenito, há um dado a se considerar. Apesar de o impacto ter ocorrido numa porção da Bacia do Paraná onde os derrames de basalto seriam provavelmente mais espessos (região próxima ao depocentro), são comuns os derrames, onde sucede que durante a erupção o magma se intercala entre camadas de arenito, formando estratos de arenito e basalto. É possível que o impacto tenha atingido uma dessas camadas de basalto, que são menos espessas que os derrames do Terceiro Planalto em geral.

Com o passar do tempo, a pesquisa e o interesse de instituições como a Mineropar (Serviço Geológico do Paraná), que iniciou uma tentativa de geoturismo e educação não formal, foram arrefecendo, sendo que até 2015 a divulgação da cratera de Vista Alegre esteve circunscrita aos meios acadêmicos e não resultou em maior apropriação do tema pela comunidade local. Entre 2015 e 2016 houve uma retomada de atividades por parte da prefeitura e Mineropar para renovar os painéis implantados e sua instalação num mirante que foi construído neste ínterim na borda da cratera.

4.2 - Contexto geológico pré-impacto

Durante a Era Mesozoica (252 a 66 milhões de anos atrás), especialmente no final do Período Jurássico e quase durante todo o Período Cretáceo, grande parte do sul do Brasil encontrava-se sob o clima predominantemente desértico. O

chamado deserto Botucatu, presente nesta região no início do Cretáceo, se estendia até a porção ocidental da África e era tão grande quanto o atual deserto do Saara (CARNEIRO, 2007). A figura 18 mostra um deserto atual como provável paisagem característica do paleodeserto Botucatu, há mais de 150 milhões de anos, nesta parte do planeta.

FIGURA 18 – Saara atual. Provável paisagem do paleodeserto Botucatu no sul da América do Sul no Período Cretáceo.

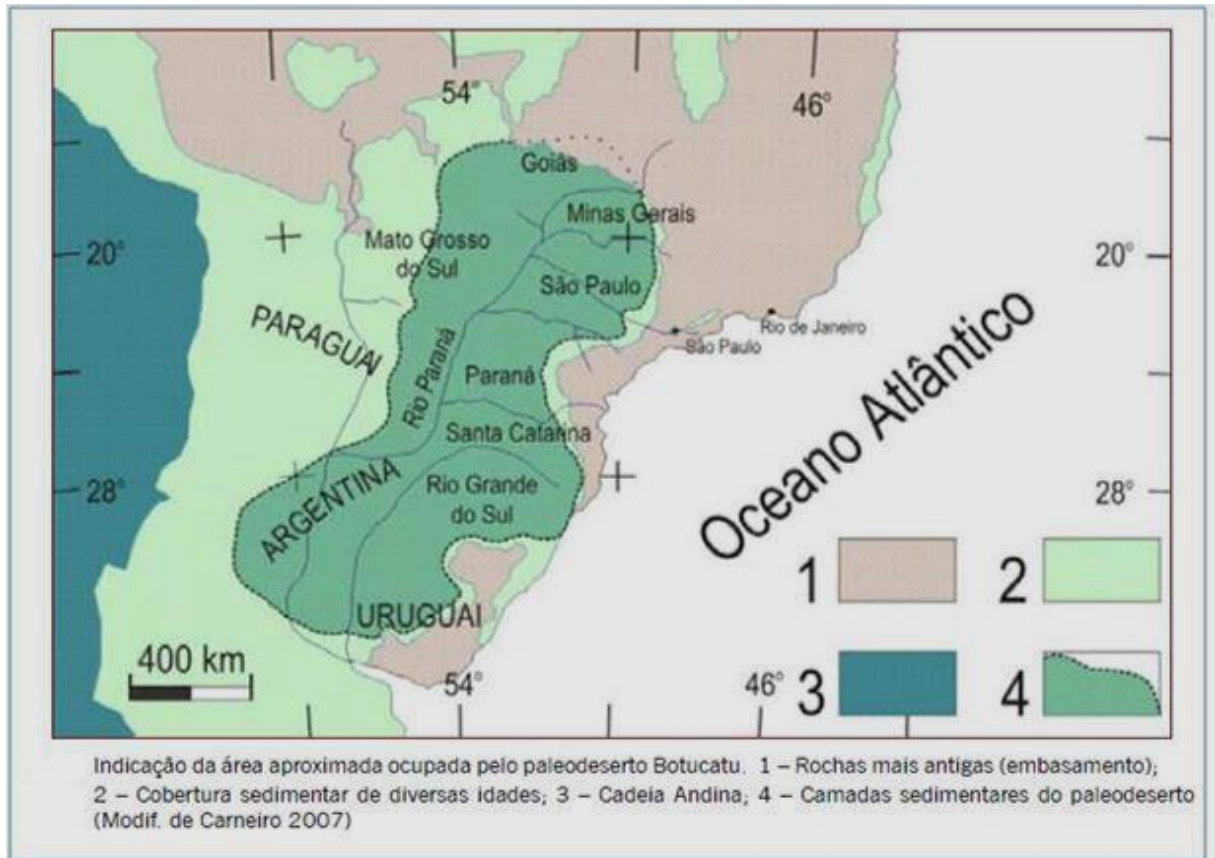


Fonte: BP Blogspot. **As pegadas fósseis do interior paulista – Grande deserto de Botucatu, parte 1.** 2011. Disponível em: <<http://1.bp.blogspot.com/-Fyhip-l41n4/TV6danFXjol/AAAAAAAAAGIU/xN3CvkMla5o/s1600/pegadas-na-areia-dunas-584df.jpg>>. Acesso em 31 out. 2015.

Segundo dados paleoclimáticos sobre o deserto de Botucatu, salvo alguns oásis, ele era extremamente seco e servia como ponte biológica para migração animal entre a atual Patagônia e o norte da América do Sul. Antes da separação da América do Sul da África, há indícios paleontológicos de que estas grandes migrações tinham continuidade no atual continente africano, pois há registro fóssil de animais da mesma espécie em ambos continentes (NOVAS, 2009). Também existem indícios de que o paleodeserto Botucatu presenciou climas mais amenos, com coníferas na margem da bacia do Paraná no início do período Cretáceo (PIRES et al., 2011).

O Paleodeserto Botucatu abrangeu grande área da América do Sul e a figura 19 demonstra parte de sua distribuição no sul do Brasil, norte do Uruguai, nordeste da Argentina e leste do Paraguai (não abrange a área inteira do paleodeserto).

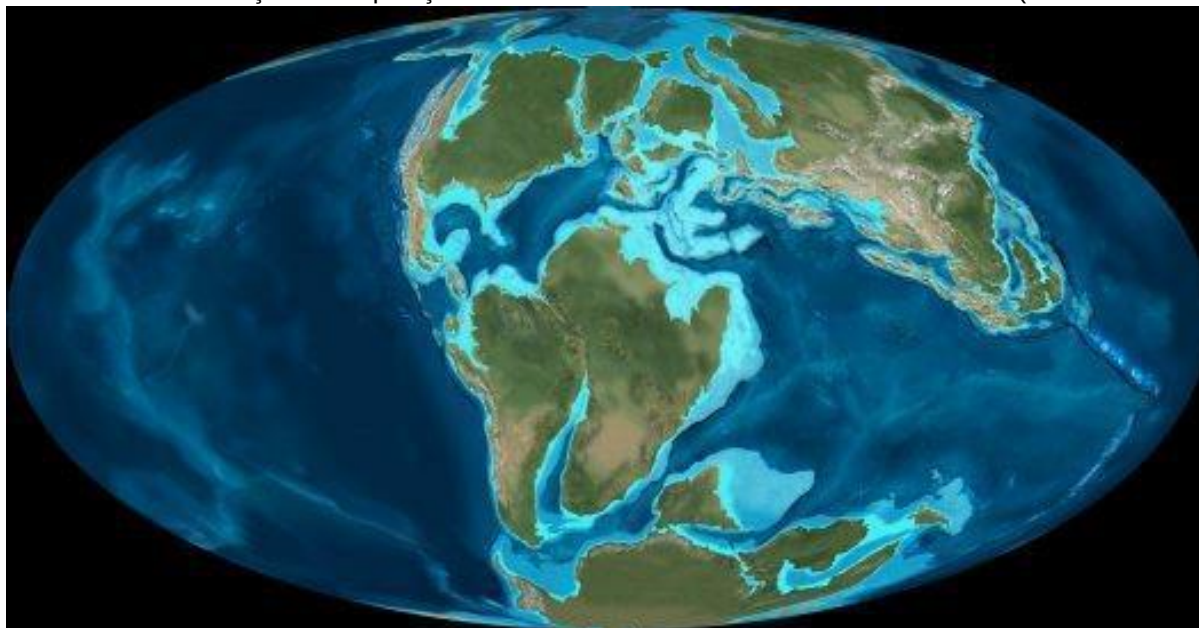
FIGURA 19 – Imagem da distribuição espacial do paleodeserto Botucatu.



Fonte: UNICAMP. **O Ciclo das Rochas na Natureza**. TERRÆ DIDÁTICA N. 5 p.50-62, 2009. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/MaxSchadler/ciclo-das-rochas>>. Acesso em: 01 mai. 2015.

Neste período, várias transformações ocorreram no Sul do Brasil. A principal delas é representada por falhamentos induzidos pelo rifteamento, formado no final do Período Jurássico e início do Cretáceo (Era Mesozoica), e que se iniciou há 133 milhões de anos, separando a América do Sul da África (RENNE et al., 1992). Esta separação ocasionou várias falhas paralelas e transversais ao rift em ambos continentes com vulcanismo associado. Este processo de deslocamento e separação das placas Sul-americana e Africana proporcionou imensos derrames de lava basáltica que cobriram as rochas areníticas do deserto Botucatu e com elas se intercalaram nesta porção do continente sul-americano, além de iniciar a formação do oceano Atlântico, conforme mostra a figura 20. É importante ressaltar que a separação da América do Sul da África não se deu de maneira homogênea, portanto, existem diferentes datas para a separação que se iniciou à aproximadamente 140 milhões de anos.

FIGURA 20 – Simulação da disposição dos continentes da Terra no Cretáceo Inferior (Era Mesozoica)



Fonte: Museu da Austrália. **Map of world: early Cretaceous**. 2008. Disponível em: <<http://australianmuseum.net.au/image/map-of-world-early-cretaceous>>. Acesso em: 10 out. 2015.

Este evento na América do Sul é conhecido como derrame de trapp da Bacia do Paraná (trapp é um nome genérico que se utilizou ao vulcanismo que gera “degraus”) e durou entre 5 e 7 milhões de anos (existem divergências entre os autores) (WAICHEL, 2006).

O vulcanismo fissural encobriu o arenito do antigo deserto Botucatu, mas as condições climáticas não se alteraram. O clima continuou a ser árido ou semiárido.

Após o término da atividade vulcânica, o ambiente se tornou mais ameno, possuindo fauna e flora características de deserto, com oásis esporádicos e sendo possível rota de migração de grandes dinossauros, como alguns saurópodes que pesavam cerca de 100 toneladas. Eram quadrúpedes com patas altas, osso da bacia de semelhante aos de répteis e que possuíam corpos enormes, pescoço muito comprido que terminava em uma cabeça muito pequena e com cauda também muito comprida. Algumas Superfamílias já haviam se extinguido na América do Norte, à exemplo a Superfamília Diplodocidae, mas em outras partes do planeta, proliferaram, como a Superfamília Titanosauroides que floresceu no Cretáceo na América do Sul (NOVAS, 2009). Segundo as palavras deste autor:

Nosso entendimento do estágio evolutivo do Cretáceo Inferior da fauna de dinossauros é baseado em descobertas principalmente do Botucatu, La Amarga, e as formações de La Paloma. A icnofauna do final do Jurássico-

Cretáceo Inferior fornece a única evidência sobre a fauna de dinossauros no início do Cretáceo na América do Sul, e a principal peculiaridade da icnofauna brasileira é a ausência de dinossauros saurópodes em um ambiente árido. As condições paleoambientais associadas com a história evolutiva dos dinossauros no Cretáceo na América do Sul deve ser avaliada melhor. É particularmente interessante que o regime climático de efeito estufa caracterizou a maior parte do Mesozoico, especialmente no Cretáceo Inferior. Modelos paleoclimáticos atuais (Chumakov et al. 1995) Reconstróem a América do Sul-África no Barremiano (125-129 Ma) árido para o através do Aptiano (113 à 125 Ma) (Skelton 2003). O Grande paleodeserto Botucatu, que veio a existir no Jurássico Tardio, continuou até o início do Cretáceo, quando fissuras vulcânicas (os basaltos de Serra Geral) tomaram lugar. Depósitos eólicos da Formação Caiuá, que se sobrepõem aos basaltos de Serra Geral, indicam que as condições do deserto continuaram a predominar na maior parte do Cretáceo na bacia do Paraná (Soares 1981). Faunas de dinossauros posteriores do início do Cretáceo (com base nas Formações La Amarga e La Paloma) são caracterizadas pela ocorrência de dicraosaurídeos, titanossaurícomas básicos e abelisauóides basais... Após o início do Cretáceo (Barremiano)... dois clones principais de saurópodes são registrados na América do Sul: o Titanosauriformes e o Diplodocirnorpha...Sugerindo que saurópodes eram muito mais diversos do que anteriormente se pensava.¹ (NOVAS, 2009, p. 387, tradução nossa).

¹Our understanding of the Early Cretaceous evolutionary stage of dinosaur Faunas is based on discoveries mainly from the Botucatu, La Amarga, and La Paloma formations. The late Jurassic—Early Cretaceous Botucatu ichnofauna from Brazil provides the only evidence about dinosaur faunal composition at the beginning of the Cretaceous in South America, and the main peculiarity of the Brazilian ichnofauna is the absence of sauropod dinosaurs in an arid environment. The paleoenvironmental conditions associated with the evolutionary history of Early Cretaceous dinosaurs in South America should be noted. It is particularly interesting that a hothouse climatic regime characterized most of the Mesozoic, especially the Early Cretaceous. Current paleoclimatic models (Chumakov et al. 1995) reconstruct South America—Africa as a large, mainly arid landmass for the Berriasian through the Aptian (Skelton 2003). The large paleodesert of Botucatu, which came into existence in Late Jurassic times, continued into the beginning of the Cretaceous, when significant fissure volcanism (the Serra Ceral basalts) took place. Aeolian deposits of the Caiua Formation, which overlie the Serra Ceral basalts, indicate that desert conditions continued to predominate for most of the Early Cretaceous in the Parana Basin (Soares 1981). Later dinosaur faunas of the Early Cretaceous (based on evidence from the La Amarga and La Paloma formations) are characterized by the occurrence of dicraosaurids, basal titanosauriforms, basal abelisauroid theropods, and stegosaurs. The presence of Early Cretaceous stegosaurians in South America is consistent with the record of this group in other parts of the world, in particular southern Africa, where *Paranthodon africanus* is found in association with diplodocoid sauropods (i.e., the rebbachisaurid *Afgosaurus*) in the Valanginian Kirkwood Formation. After the beginning of the Cretaceous (Barremian) and at least into the Cenomanian, two major sauropod clades are recorded in South America: the Titanosauriformes and the Diplodocirnorpha. Barremian sauropod faunas include bizarre dicraosaurids (*Amargasaurus*) and titanosauriforms (as evidenced by discoveries made in the La Paloma Formation; Rauhut, Cladera, Vickers-Rich, and Rich 2003). Suggesting that sauropods were much more diverse than is currently thought.

A figura 21 mostra um exemplo de vulcanismo atual por fendas que acontece continuamente no vulcão Kilauea (Havai), para ilustrar o processo que se deu no passado, no desenvolvimento dos basaltos da Formação Serra Geral, na Bacia do Paraná. O Kilauea está em erupção desde 1983 e é considerada a erupção mais longa da história, gerando quantidade gigantesca de rochas basálticas.

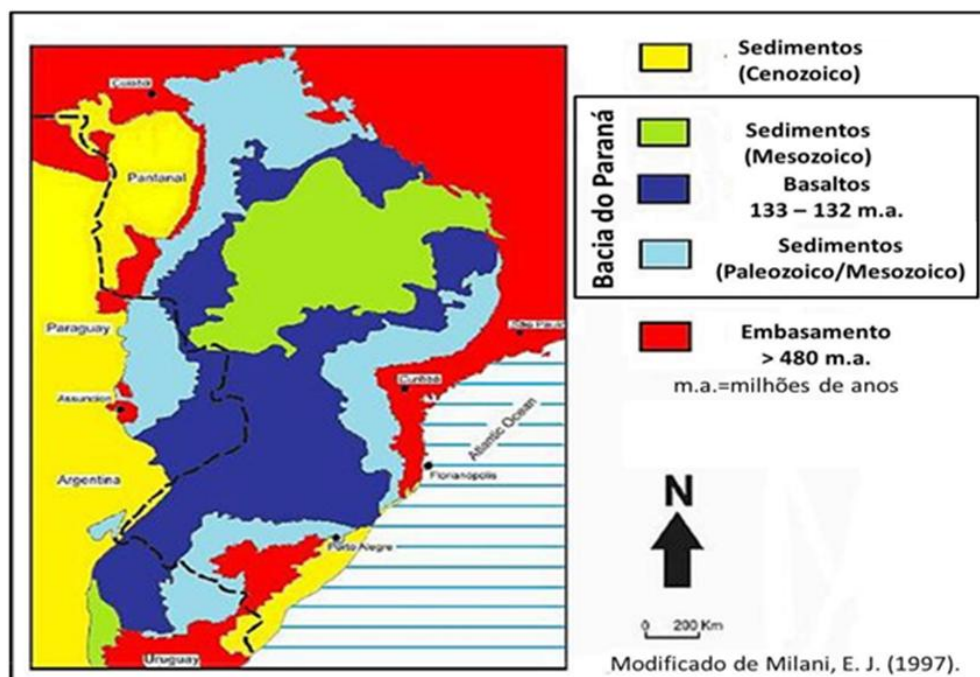
FIGURA 21 – Ilustração de como teria sido o derrame basáltico na Bacia do Paraná no Cretáceo Inferior .



Fonte: DaTuOpinion. **Opiniones de Lago de Lava**. 2015. Disponível em: <<http://www.datuopinion.com/lago-de-lava>>. Acesso em: 31 out. 2015.

Na figura 22 é possível observar a atual disposição do derrame de trapp na Bacia do Paraná (basaltos, em azul escuro), e sua expressão na região sul do Brasil. Passados mais de 130 milhões de anos, ainda hoje o basalto constitui três quartos da Bacia do Paraná em área, sendo que os derrames da Formação Serra Geral cobrem cerca de 1,2 milhão de km², alcançando 1722,9 metros de espessura máxima no sudoeste de São Paulo (MARQUES; ERNESTO; 2005. LICHT,2014).

FIGURA 22 – Mapa da Bacia do Paraná com a indicação dos derrames de Trapp (basaltos).



Fonte: UNICAMP. **O Ciclo das Rochas na Natureza**. 2009. Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v5/pdf-v5/TD_V-a5.pdf>. Acesso em: 11 out. 2015.

É neste contexto, há aproximadamente 115 milhões de anos (CRÓSTA et al., 2012), que houve o impacto que originou a cratera de Vista Alegre no município de Coronel Vivida. Um contexto de clima desértico por milhões de anos, um solo formado por intemperismo físico do basalto e caminho para migrações de diversas espécies de animais, inclusive (possivelmente) dinossauros (NOVAS, 2009) como mostra a figura 23.

FIGURA 23 – Representação artística de Titanossauros que viveram no Cretáceo na América do Sul.



Fonte: Over Blog. **Découverte en Patagonie (Argentine) des fossiles du plus grand dinosaure: le titanosaurus**. 2014. Disponível em: <<http://quilaztli.over-blog.com/2014/05/decouverte-en-patagonie-argentine-des-fossiles-du-plus-grand-dinosaure-le-titanosaurus.html>>. Acesso em 27 out. 2015.

A datação da cratera de Vista Alegre foi efetuada por um método geocronológico que analisa isótopos de argônio ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$). Este processo é muito utilizado em datações de rochas magmáticas vulcânicas formadas acima de 500 graus Celsius e meteoritos (situação que ocorreu durante a formação da cratera) e é o método mais utilizado para datar meteoritos (CRÓSTA et al., 2012).

O fragmento a ser datado é esmagado e irradiado com nêutrons para produzir argônio 39 a partir do potássio 39. A amostra é, em seguida, vaporizada por um feixe de laser no vácuo em um equipamento chamado “espectrômetro de massa”. O aquecimento faz com que a estrutura cristalina do mineral (ou de minerais) se degrade e, à medida que a amostra derrete, gases aprisionados são libertados.

Os gases libertados podem incluir gases atmosféricos tais como o dióxido de carbono, água e argônio natural (argônio 40, que é resultado do decaimento do potássio 40) e gases radiogênicos, como argônio 39 (produzido) e hélio. A abundância de argônio 40 aumenta com a idade da amostra, embora a taxa de aumento decaia exponencialmente com a meia-vida do potássio 40, que é de 1 bilhão e 248 milhões de anos (50% do potássio 40 existente na natureza decai para o argônio 40 a cada período de 1 bilhão e 248 milhões de anos).

Os percentuais de argônio 39 e argônio 40 liberados no processo formam um diagrama chamado de “diagrama espectral”. Se a amostra não tiver sido perturbada por eventos geotectônicos posteriores à sua formação, para a relação de argônio 39 e argônio 40, as idades aparentes deverão ser similares e irão definir um espectro de idades bem regular, gerando gráficos praticamente horizontais (KINOSHITA, 1976).

Utilizando este método complexo, Crósta conseguiu a idade aproximada da cratera em 115 milhões de anos, ainda no Cretáceo Inferior (CRÓSTA et al., 2012) analisando basalto metamorfizado. Nesta época, a América do Sul já estava separada do continente africano e a área de Coronel Vivida ainda estava sob o clima desértico ou semidesértico.

Esta datação de Crósta (2012) foi realizada em caráter preliminar e publicada em comunicação no 34º Congresso Internacional de Geologia (Austrália). Estudos mais aprofundados nesse sentido ainda não estão disponíveis, mas a datação pode ser assumida como uma referência para a discussão deste trabalho.

Para se ter uma ideia do tempo que corresponde a 115 milhões de anos, o que foge à interpretação do senso comum do ser humano, é necessário um

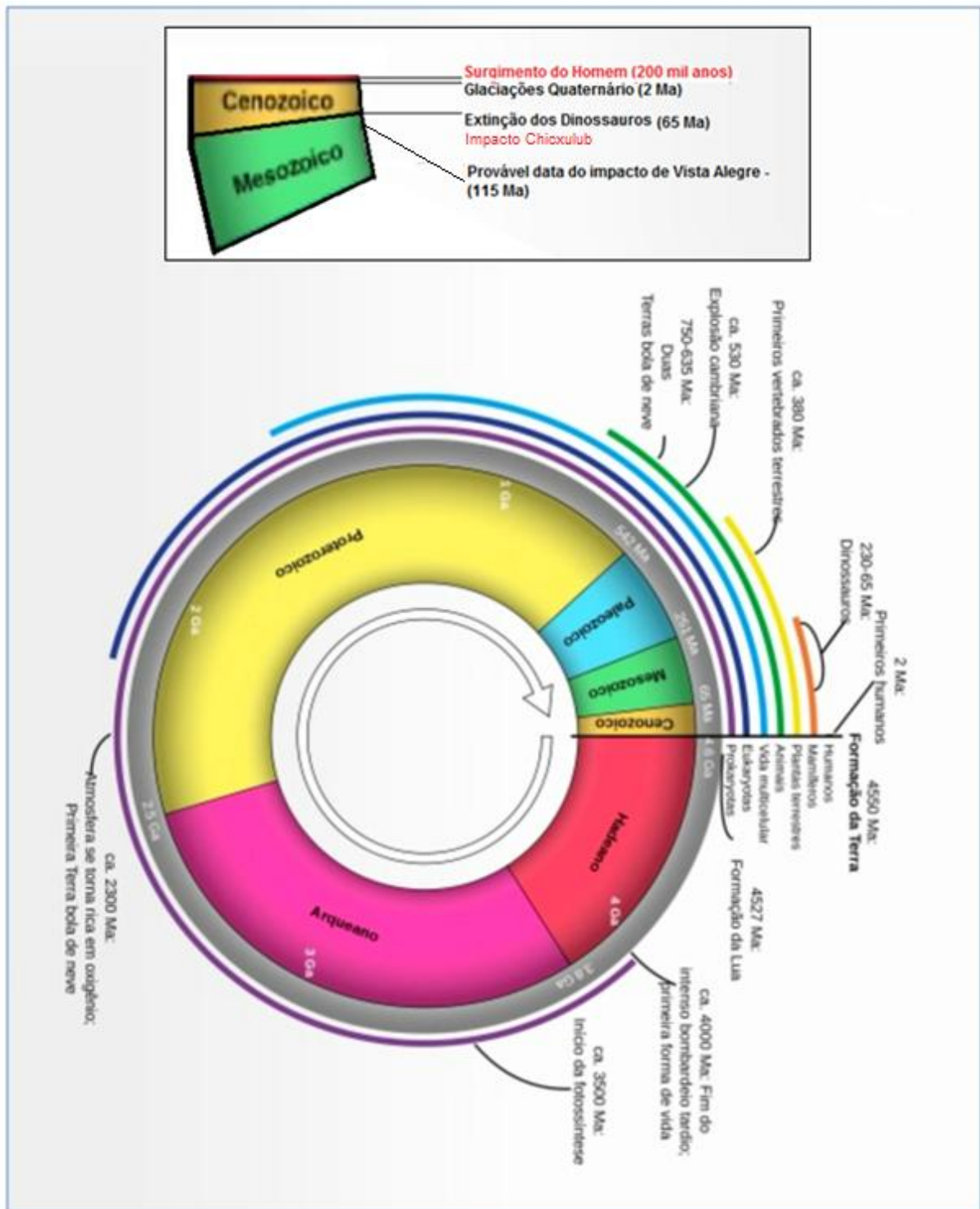
exercício mental chamado de “calendário cósmico” (SAGAN, 1977). O exercício consiste em transformar anos em segundos, para um real entendimento do tempo transcorrido desde determinado evento.

Para exemplificar, 115 milhões de anos são transformados em segundos, ou seja, 115 milhões de segundos, o que corresponderia a três anos e sete meses (contados segundo a segundo). Seguindo-se este “raciocínio”, para exemplificação, os dinossauros teriam sido extintos há aproximadamente dois anos (65 milhões de anos transformados em segundos), os primeiros seres humanos começaram sua jornada há apenas duas horas (200 mil anos transformados em segundos) e a revolução industrial teria ocorrido há três minutos e meio (200 anos transformados em segundos).

Este raciocínio permite uma compreensão melhor dos tempos astronômico e geológico envolvidos em eventos muito distantes no passado.

A Tabela 1 mostra os períodos e eras no tempo geológico terrestre, assim como a localização no tempo do impacto de Coronel Vivida.

TABELA 1 – Eras e períodos geológicos. Posição aproximada da origem da cratera de Vista Alegre no tempo.



Fonte: O autor, 2015.

4.3 - Simulação do impacto

A simulação do impacto que originou a cratera de Vista Alegre é importante do ponto de vista didático-pedagógico para o entendimento de como uma paisagem pode sofrer alterações abruptas. Na maioria das vezes, as paisagens passam por mudanças lentas e graduais, mas esta, assim como outras crateras de impacto, é exceção à regra.

A cratera de Vista Alegre, em Coronel Vivida, surgiu milhões de anos antes do impacto em Chicxulub (final do Cretáceo) como observado na Tabela 1 e, embora seja uma cratera muito menor (a cratera de Chicxulub possui 180 km de diâmetro, enquanto a de Vista Alegre possui “apenas” 9,5 km de diâmetro), seus efeitos locais não foram desprezíveis. Para efetuar uma simulação deste impacto, foram utilizados dois softwares livres disponíveis na internet. O *Impact: Earth* e o *Down 2 Earth - Crater Impact*, objetivando comparações e avaliações de possíveis discrepâncias entre os dados. Não foram encontradas discrepâncias significativas em mais de 1.500 simulações. Os dados de entrada nos softwares apresentados levaram em conta o tamanho do objeto, a densidade, ângulo de entrada na atmosfera, velocidade do objeto, tamanho da cratera formada e sua profundidade, assim como a densidade da rocha impactada. Os dados mais próximos do objeto impactante com base no tamanho e profundidade da cratera de Coronel Vivida, após as simulações, foram compilados na Tabela 2.

TABELA 2 - Prováveis dados do asteroide causador do impacto de Vista Alegre.

Diâmetro	Densidade	Ângulo	Velocidade	Alvo
De 490 a 520 m	3000 kg/m ³ Rocha densa	80 graus	20 km/s	Rocha Magmática

Fonte: Simulação do autor, 2015.

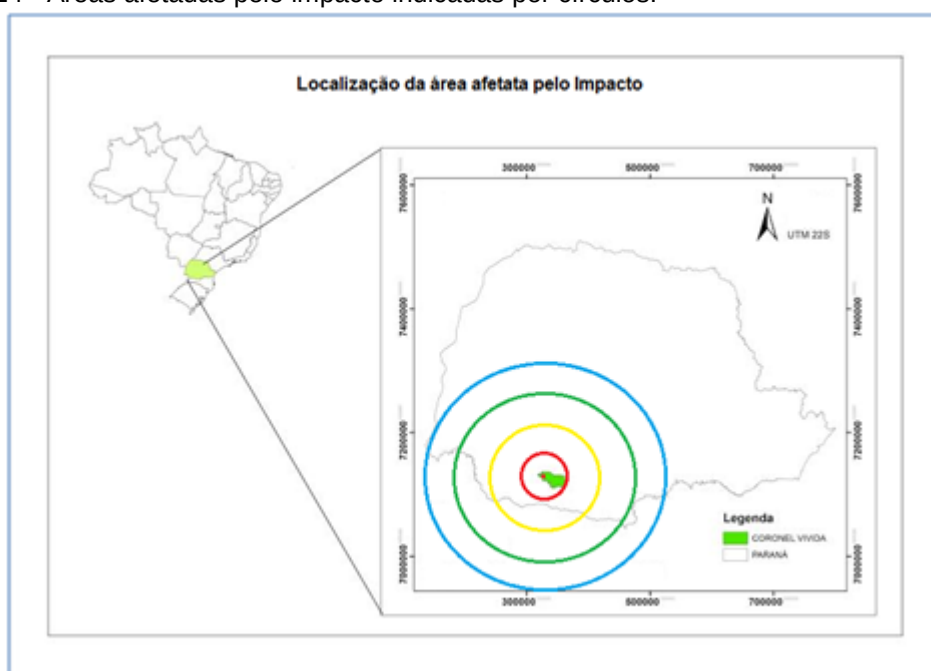
Estes dados sugerem que a cratera foi formada por um asteroide e não por um cometa devido à profundidade e tamanho da mesma. O objeto, pelas simulações, possuía constituição rochosa densa e asteroides deste tipo são mais comuns no cinturão entre Marte e Júpiter (GLEISER, 2001). Os asteroides mais próximos que habitualmente cruzam a órbita da Terra, como os da classe de Apollo ou Atenas, são menos densos. Outro aspecto interessante é que a velocidade do objeto era relativamente alta, muito mais alta que a velocidade dos asteroides mais

comuns ou NEAR (asteroides próximos a Terra), mas consistentes com cerca de 10% dos asteroides que ainda cruzam a órbita terrestre (GLEISER, 2001).

Estes fatos caracterizam um objeto do cinturão de asteroides que foi deslocado de sua órbita original, muito provavelmente pelo planeta Júpiter, deixando-o em uma órbita bem mais elíptica e no mesmo plano da órbita terrestre. É provável que o objeto passou muito tempo nesta órbita até atingir a Terra. Outras simulações com outras variáveis não dão conta do tamanho ou profundidade da cratera de Coronel Vivida. Alterações no tamanho, densidade, ângulo ou velocidade acarretam resultados diferentes dos observados na cratera.

Com bases nestes dados, é possível inferir o tamanho da explosão e seus efeitos. O asteroide levou cerca de cinco segundos para atravessar toda a atmosfera. Ao se chocar com o solo, constituído por rochas basálticas, liberou uma energia de quase 9,96 mil megatons (conforme simulado) ou o equivalente a quase duzentas bombas de hidrogênio semelhantes à Tsar Bomb, maior detonação nuclear na atmosfera terrestre (50 megatons), efetuada pela então União Soviética na ilha de Nova Zembla, em 1961 (JOHNSTON, 2006). A área de alcance dos efeitos do impacto no território que hoje é o Paraná pode ser visualizada na figura 24, e corresponderia a quase 126 mil quilômetros quadrados.

FIGURA 24 - Áreas afetadas pelo impacto indicadas por círculos.



Fonte: O autor, 2015.

A explosão do asteroide, observada do ponto onde se encontra o município de Coronel Vivida e levando-se em conta apenas os dados do impacto na superfície, teria luminosidade equivalente a 1.510 vezes a radiação solar ao meio-dia de um dia ensolarado e seria visualmente 130 vezes maior que o Sol. A velocidade da onda de choque ou velocidade do vento superaquecido seria de aproximadamente 4.522 km/h, seguindo-se um terremoto de 7 graus na escala Richter no marco “zero”, diminuindo conforme a distância em um raio de 200 km. Em síntese, se este impacto ocorresse hoje, a cidade de Coronel Vivida seria totalmente destruída, assim como outras cidades próximas. A estimativa deste tipo de impacto na Terra é de um a cada 140 mil anos conforme dados fornecidos pelo *software Impact: Earth*, com base na simulação para o tamanho e profundidade nos quais a cratera de Visa Alegre se enquadra.

A Tabela 3 mostra a força do impacto conforme as cores em um raio de 200 km a partir do ponto “zero”, variando do vermelho, para efeitos mais destrutivos, seguindo-se o amarelo e verde para efeitos menos destrutivos, e azul para efeitos perceptíveis.

TABELA 3 - Efeitos do impacto simulados pelo *Impact Earth*.

				
Distância km	Até 50	50 -100	100-150	150-200
Vento km/h	4522 a 690	228	120	78
Radiação Térmica (Sol = 1)	1510 a 83	18,6	6,55	2,4
Visualização (Sol = 1)	130 a 30	13,9	7,76	4,26
Efeitos	Devastação total	Queimaduras.	Calor	Vento quente

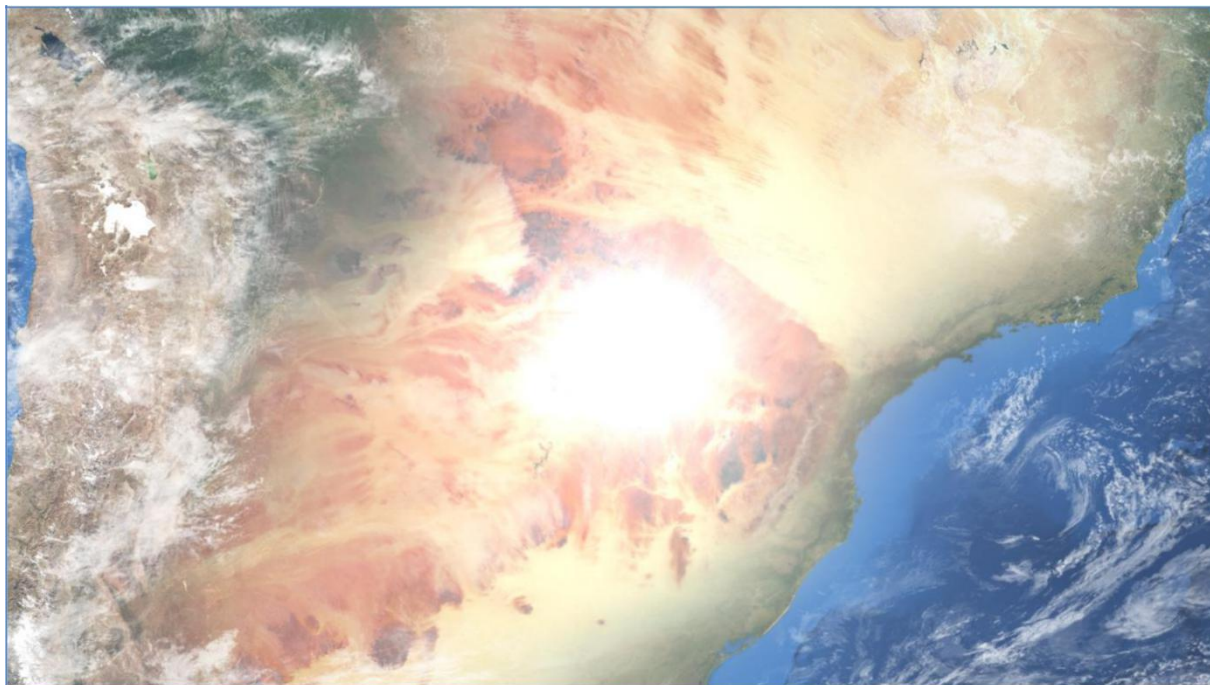
A radiação térmica assim como a visualização possuem como base o Sol = 1.

Fonte: Simulação do autor, 2015.

Cidades como Francisco Beltrão, Itapejara do Oeste, Pato Branco, Dois Vizinhos, dentre outras, seriam totalmente destruídas se o impacto ocorresse nos dias de hoje. Guarapuava e Cascavel sofreriam danos secundários. Mesmo assim, o ecossistema da região seria seriamente afetado, sem contar o número de vidas perdidas. Há de se pensar que, na época em que o evento ocorreu, animais e plantas, mesmo raros na região, sofreram um golpe devastador em seu hábitat. A

figura 25 mostra uma simulação visual do impacto sobre a parte meridional da América do Sul.

FIGURA 25 – Simulação da área de impacto da explosão que criou a cratera de Vista Alegre em Coronel Vivida na América do Sul.



Fonte: O autor (2016).

A cratera inicialmente deve ter sido mais profunda, podendo ter chegado a 580 metros ou mais segundo as simulações. Hoje, devido à erosão do Terceiro Planalto e o preenchimento da cratera com detritos, a diferença altimétrica entre o fundo da cratera e as bordas é de, no máximo, 400 metros. Não há dados suficientes para inferir quando ou em que quantidade os detritos foram depositados.

Na borda da estrutura encontram-se expostas camadas de basalto representando cinco distintos derrames de lava. A borda exibe uma configuração em forma de degraus, resultado da erosão diferencial ao longo do contato entre os distintos derrames (CRÓSTA et al., 2011).

Na parte central da cratera são encontrados quartzitos e brechas, originários da possível interação do impacto com o arenito da Formação Botucatu. O impacto foi tão forte que conseguiu atravessar camadas de rocha basáltica, alcançando os arenitos subjacentes e causando um soerguimento do núcleo da cratera. Também se encontra, nesta porção central da cratera, basalto metamorfizado. Nesta rocha o impacto criou estruturas cristalinas fraturadas em nível microscópico (CRÓSTA et

al., 2011). Estes litotipos (arenito, basalto e brechas de impacto) metamorfizados são muito raros e por si já justificam o local como patrimônio geológico e geomorfológico.

4.4- Evolução geológica pós-impacto

Após a formação, a cratera permaneceu relativamente intacta até o fim da Era Mesozoica. Isto porque, durante todo este intervalo, a área esteve sob o clima desértico ou semiárido, sofrendo pouco intemperismo químico ou biológico. Com o início da Era Cenozoica (65 milhões de anos até o presente), o clima na área passou por diversas alterações (COLTRINARI, 1993): de deserto a semiárido; de semiárido a chuvoso, quando são formados os principais rios da região, incluindo o rio Chopim, que entrecorta a face sudoeste da cratera.

Ao analisar os eventos ocorridos na área específica da cratera de Coronel Vivida, observa-se uma relação entre sua preservação por tanto tempo (aproximadamente 115 milhões de anos) e o clima no centro-sul da América do Sul. Estes eventos, retratados na geologia da área, referem-se a episódios mais remotos quando da fragmentação do continente de Gondwana (o Arenito Botucatu e os derrames de lava basáltica da Bacia do Paraná, a formação do oceano Atlântico). Outros aspectos, como os depósitos sedimentares no Cenozoico mais antigo a médio, a distribuição vegetal e faunística, estão ligados às mudanças ambientais, principalmente climáticas, geologicamente mais recentes.

As mudanças climáticas que afetaram grandes áreas da superfície da Terra e, por consequência, a área de Coronel Vivida, tiveram um caráter cíclico. A origem das variações paleoclimáticas é complexa e resulta da interação de diversos fenômenos astronômicos, geofísicos e geológicos (BIGARELLA, MAZUCHOWSKI, 1985). O mecanismo destas alternâncias relaciona-se com as glaciações direta ou indiretamente, ocorridas no Cenozoico, e contribuiu para o desgaste da cratera.

Crateras preservadas com a idade da cratera de Coronel Vivida são raras e, formadas sobre derrames de lava basáltica, existem somente mais três no mundo (CRÓSTA, 2010). Entender a influência paleoclimática na área e seus ciclos dentro do sistema terrestre é fundamental para compreender a raridade deste geossítio.

A partir do início da Era Cenozoica, o clima se alterou várias vezes. Ora quente e seco, ora úmido. Savanas, pradarias, florestas e desertos se alternaram. Estas mudanças se deram principalmente com o surgimento da cadeia de

montanhas andinas, cujo processo se iniciou há 30 milhões de anos (COLTRINARI,1993), alterando e alternando profundamente o clima na América do Sul, devido à mudança nas correntes marítimas e atmosféricas. Com o soerguimento da cadeia de montanhas do Himalaia, há aproximadamente 40 milhões de anos, iniciou-se um ciclo de alternâncias de eras glaciais no planeta (WEINER, 1986).

As glaciações decorrem de vários fatores. Um deles é a meteorização, em que a orogênese, através de suas rochas, retira o dióxido de carbono da atmosfera, deixando-a mais fria (GARZIONE, 2008). No processo de soerguimento de uma montanha, a mesma torna-se um obstáculo para correntes de ar, muitas delas úmidas. A umidade na forma de chuva ou neve interage com as rochas. Como a água atmosférica é acida, devido à sua combinação com o dióxido de carbono, formam-se pequenas proporções de ácido carbônico. Este carbono (dióxido de carbono) reage com as rochas das montanhas e é retirado da atmosfera diminuindo o efeito estufa sobre o planeta. A formação de grandes cadeias montanhosas no Cenozoico retirou uma grande quantidade de dióxido de carbono da atmosfera, iniciando um período de glaciações. Um segundo efeito de esfriamento do planeta ocorre com o aumento da quantidade de gelo na superfície. Neste caso, o albedo (índice de reflexão de um corpo) terrestre também aumenta fazendo com que grande parte do calor recebido pela Terra seja refletido para o espaço, ocasionando, com isso, uma queda na temperatura global mais acentuada. A situação é cíclica, pois depende não só da orogenia, mas de pequenas variações orbitais da Terra e de seu eixo (ciclo de Milankovitch) e também de vulcanismo (que devolve grande parte do CO₂ para a atmosfera). Há registros de glaciações há cerca de dois milhões de anos no Cenozoico e anteriores (HAAF, 1979).

As glaciações que ocorreram são relevantes para o desgaste da cratera de Coronel Vivida, pois, embora envolvessem mais a América do Norte, Europa e Ásia (com relação ao acúmulo de gelo), alteravam o nível dos oceanos e, por consequência, o clima global, acarretando um clima mais seco no sul do Brasil. Na Tabela 4 temos o registro das glaciações nos últimos 2 milhões de anos.

TABELA 4 - Glaciações conhecidas mais importantes no Cenozoico.

Nome	Milhares de anos	Período
Glaciação Wurm	10-80	Pleistoceno/Holoceno
Glaciação Riss	140-200	Pleistoceno
Glaciação Mindel	450-580	Pleistoceno
Glaciação Gunz	750-1100	Pleistoceno
Glaciação Donau	1400-20000	Plioceno

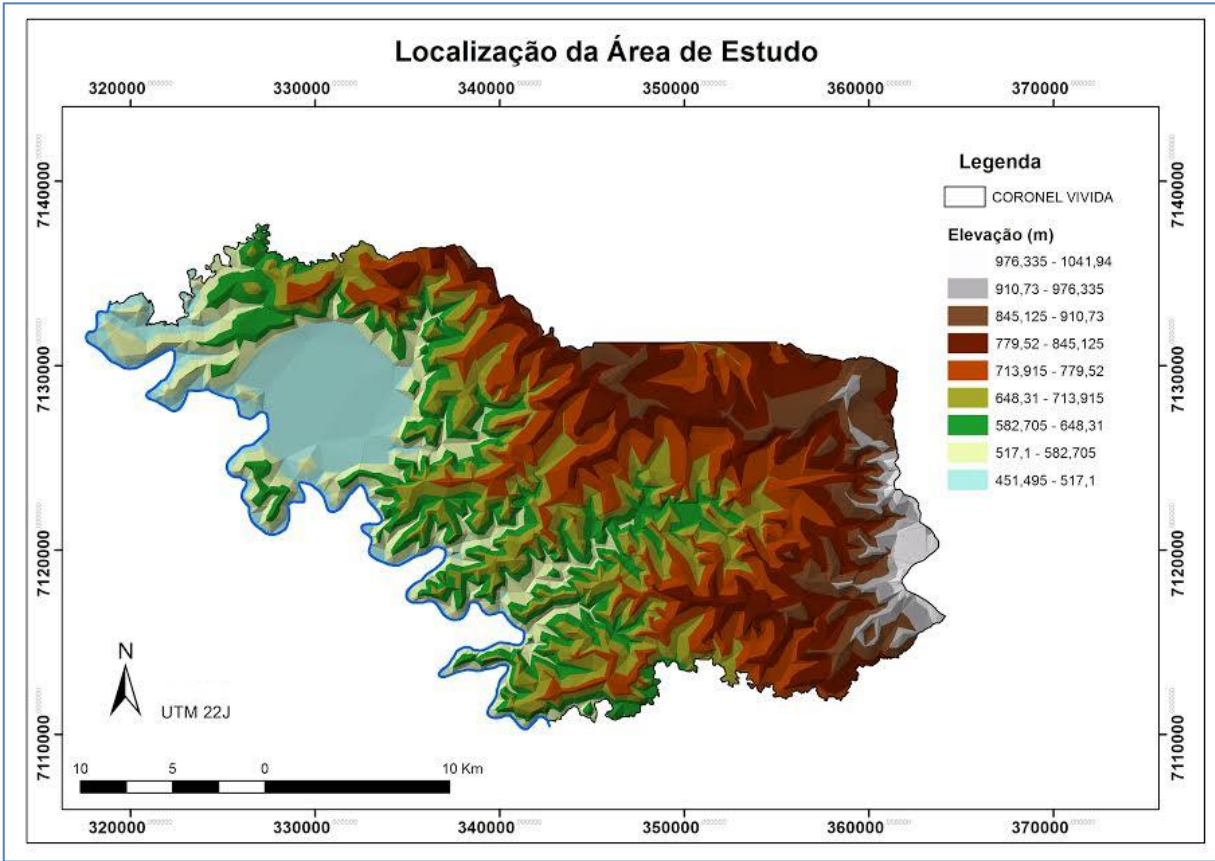
Fonte: Haaf, 1979.

As glaciações de Gunz, Mindel, Riss e Wurm são as mais importantes (HAAF, 1979). É importante ressaltar que entre estas glaciações ocorreram períodos interglaciais, em que a temperatura global terrestre aumentou. Portanto, estas datas não são absolutas, mas apenas referências de quando o clima da Terra alterou-se. As datas demonstradas na tabela se referem ao ápice das glaciações (conhecidas por esta terminologia na Europa). Os períodos interglaciais estão entre estes ápices, porém, não são uma unanimidade entre os cientistas e há divergências entre estudiosos americanos e europeus quanto ao tema.

Todas essas glaciações, oriundas ou associadas ao processo de soerguimento da cadeia dos Andes na América do Sul e do Himalaia (RAYMO, M.E; RUDDIMAN, W.F., 1992), assim como ao ciclo de Milankovitch (ciclo de variação da elipse da órbita que a Terra descreve em torno do sol, aliado à precessão do eixo da Terra cujo período é de aproximadamente 23 mil anos e a variação da obliquidade do planeta, hoje em 23,5°, mas que pode variar entre 22 e 24,50°) (WEINER, 1986) atuaram sobre a cratera de Coronel Vivida. Seu desgaste ou erosão se deu em períodos de clima mais ameno, no qual florestas ou campos proliferaram e o índice pluviométrico era considerável. Este tipo de clima é conhecido como interglacial (entre as glaciações), mas de maneira geral, o sul do Brasil neste período permaneceu, durante as glaciações, com clima árido ou semiárido durante o Cenozoico, protegendo parcialmente a cratera do intemperismo químico/biológico, com o qual existe um maior desgaste de feições geomorfológicas.

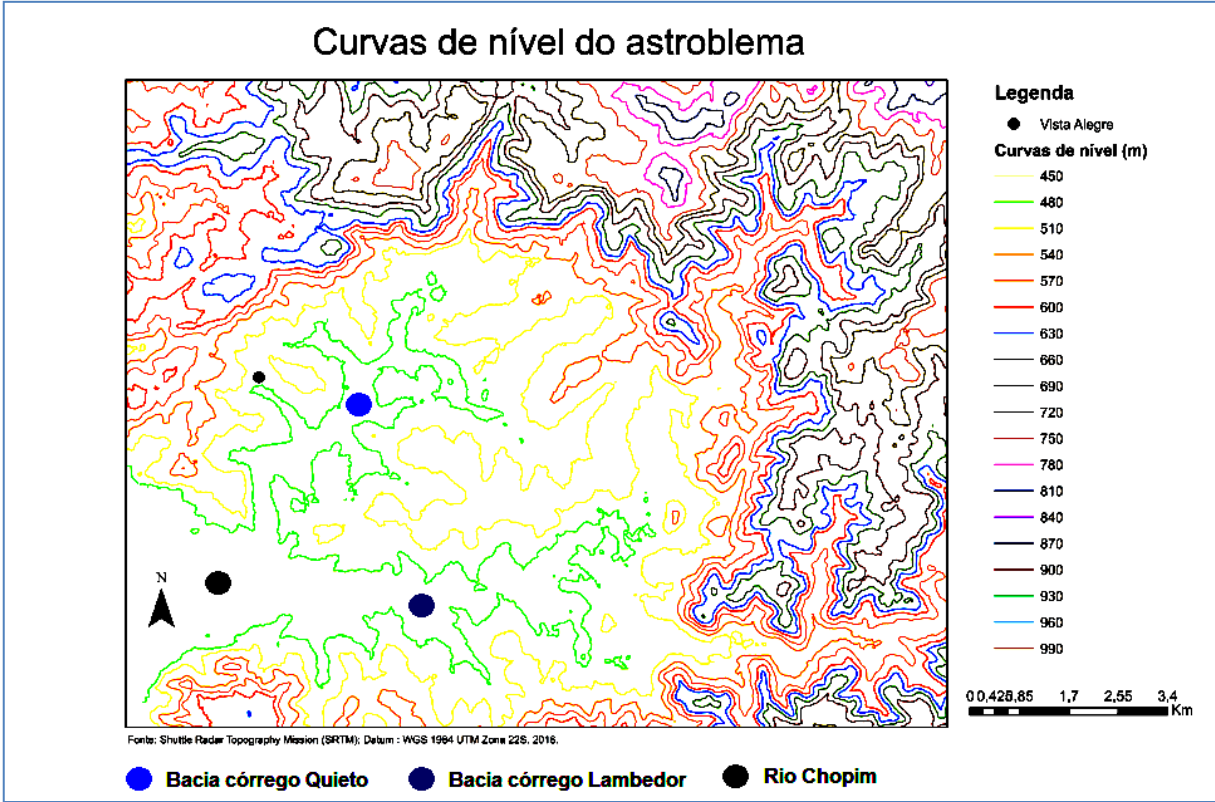
Com o fim da última glaciação no Holoceno, há 12 mil anos, o clima no sul do Brasil se modificou novamente (COLTRINARI, 1993). Desde então, o clima tornou-se quente e úmido, e os rios formados a partir deste período contribuíram para um maior desgaste da cratera, conforme mostram as figuras 26 e 27.

FIGURA 26 - Limite e elevação da cratera de impacto de Vista Alegre.



Fonte: O autor (2017).

FIGURA 27 – Curvas de nível e bacias hidrográficas da cratera de impacto de Vista Alegre.



Fonte: O autor (2016).

Os padrões de relevo, geologia e erosão, aliado às pequenas bacias hidrográficas existentes dentro da cratera (córregos Quieto e Lambedor), dão conta de que a mesma nunca foi um lago, mas que a contribuição destes córregos e seus afluentes além do rio Chopim (perímetro do município a oeste da cratera), foram decisivos na sua evolução (CRÓSTA et al., 2011).

Após análise das imagens de relevo da cratera, é possível observar a influência do rio Chopim na sua atual configuração. É importante notar que este rio invade os domínios da cratera a oeste e sudoeste e que, a sul, grande parte da cratera se encontra dissecada. Já que a formação do rio é posterior à formação da cratera, a dissecação da área a sul pode ser atribuída à erosão causada pelo rio Chopim, especificamente onde a largura do canal é muito grande e quase inexistente relevo com altitude significativa a separar o leito do rio e o interior da cratera.

Este rio já dissecou a área a oeste da cratera e pode, em um futuro geológico próximo, baseado da altimetria, dissecar o divisor de águas da bacia do rio Quieto (onde ela é mais frágil), adentrando e fazendo um novo “caminho” que acabará por remover totalmente a parede sudoeste e sul da cratera, onde a diferença entre a altitude do leito do rio (481 metros) e o divisor de águas (503 metros) é de apenas 22 metros. Notadamente, o regime pluviométrico será fator decisivo do “quando” este evento poderá vir a ocorrer.

A cratera encontra-se, no atual estágio de evolução, geologicamente desgastada. É muito difícil identificar esta paisagem como sendo oriunda de um impacto meteorítico sem um estudo prévio. Mesmo imagens aéreas e de satélite não são indícios suficientes para sua identificação. As pequenas bacias hidrográficas e o desgaste acentuado das bordas descaracterizaram a típica forma de crateras de impacto e sua estrutura é influenciada fortemente pelo clima atual.

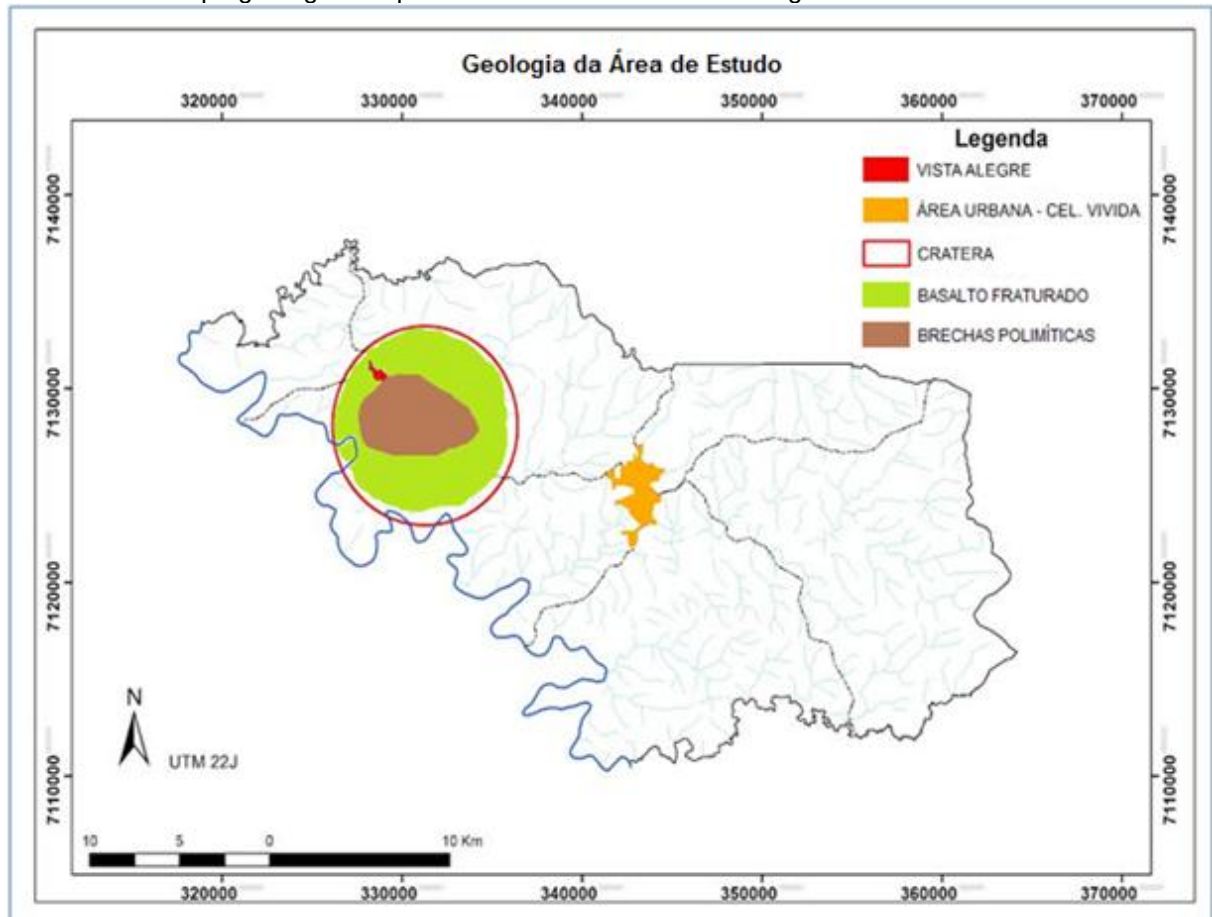
Hoje, a cratera de impacto encontra-se na região fitogeográfica de floresta ombrófila mista (conhecida como matas com araucária). A maior parte da vegetação original foi removida no início da ocupação da área na década de 1950 (fundação de Coronel Vivida em 1954), dando lugar a extensas plantações de trigo, soja e milho (FERNANDEZ et al., 2013).

Predomina, na área, o clima temperado (Cfb - classificação de Köppen-Geiger), com temperatura média no inverno abaixo de 18°C, com verões frescos (temperatura média no verão abaixo de 22°C), e sem estação seca definida

(FERNANDEZ et al., 2013). A cratera encontra-se também antropizada, não restando muito de sua cobertura vegetal original.

Existem rochas e solo oriundos do impacto ainda intactos, sendo um testemunho do evento (CRÓSTA et al., 2011), conforme ilustrado na figura 28.

FIGURA 28 - Mapa geológico esquemático da cratera de Vista Alegre.



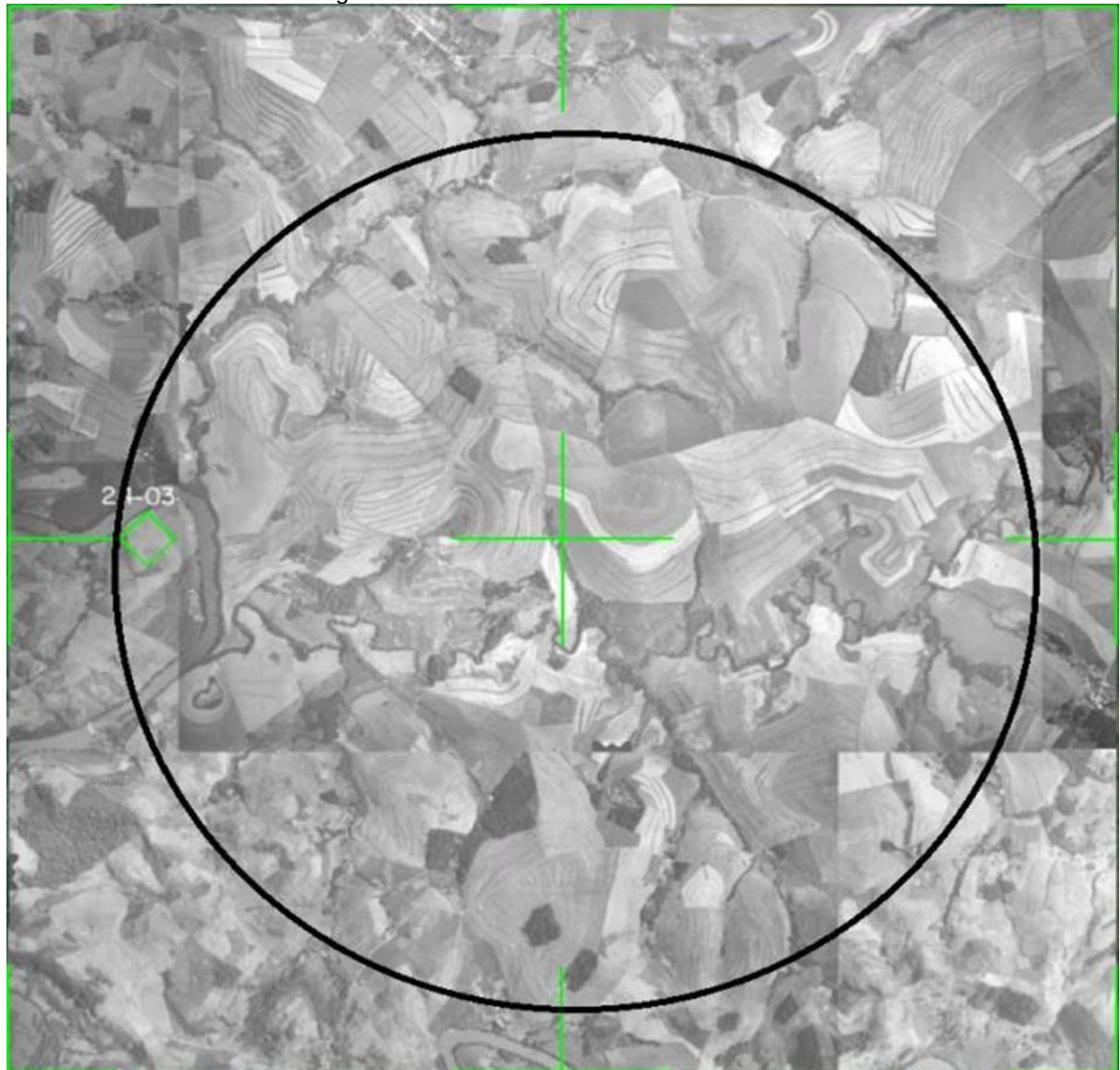
Fonte: O autor (2016).

O estudo da evolução e desgaste da cratera do ponto de vista geológico é importante para entender porque a maioria das crateras de impacto na Terra foi totalmente desgastada pela erosão. O raciocínio envolve, além dos conteúdos geológicos e geomorfológicos, importantes correlações com Climatologia e Paleoclimatologia, em uma visão ecossistêmica (conceito epistemológico da Geografia sobre sistemas complexos interligados) e do patrimônio geológico.

4.5- Ações antrópicas sobre a cratera

O uso do solo na porção central da cratera Vista Alegre em Coronel Vivida foi avaliado com base na comparação entre fotos aéreas realizadas em 1980 pelo Instituto de Terras Cartografia e Geociências (ITCG), com fotos de satélite atuais disponíveis no GoogleEarthPro. Foram compiladas as fotos 35115, 35116, 35117, 37846, 37848, 37849 e 37850 (de 1980), formando um mosaico do fundo da cratera e fotos do GoogleEarthPro, sobrepondo-se às imagens e criando pequenos polígonos para evidenciar o uso e ocupação nos últimos 37 anos. A figura 29 mostra o mosaico com a compilação das fotografias aéreas de 1980.

FIGURA 29 – Mosaico de fotografias aéreas do fundo da cratera.



Fonte: Instituto de Terras, Cartografia Geociências (ITCG). Disponível em: <http://www.geo.pr.gov.br/ms4/itcg/geo.html#>>. Acesso em 30 ago. 2015.

As figuras são de alta resolução e foram avaliadas em uma escala de 1:25000. Nota-se que dentro da cratera ocorreram pequenas mudanças e que ocorreram no sentido de refazer a mata ciliar, principalmente em afluentes do córrego Quieto. As modificações entre 1980 e 2015 podem ser observadas nas figuras 30 e 31.

A figura 30 mostra um mapa da cratera de Vista Alegre pelo GoogleEarthPro com as mesmas configurações da compilação da Figura 30, sendo as coordenadas do centro das imagens $25^{\circ}57'S$ e $52^{\circ}41'W$.

FIGURA 30 – Imagem da Cratera de Vista Alegre pelo GoogleEarthPro em 2015.



Fonte: Adaptado pelo autor, 2015.

A figura 31 mostra a sobreposição das imagens (figuras 29 e 30) para efeito de comparação e enfatizando locais onde ocorreu perda de vegetação arbórea

(indicados como polígonos vermelhos) e outros onde ocorreu aumento de vegetação arbórea (indicados como polígonos verdes). É importante salientar que as imagens não cobrem toda a cratera, mas apenas sua região central, onde há predominância de brechas e arenitos. O distrito de Vista Alegre se encontra fora dos contornos das imagens.

Observam-se algumas pequenas áreas de reflorestamento ao longo de afluentes do córrego Lambedor e uma área maior de desmatamento para agricultura, próxima ao córrego Quieto. Mas, de maneira geral, o balanço de 1980 a 2015 é positivo no sentido da conservação das matas ciliares. Em outras áreas menores, ocorreram pequenos desmates e em áreas fora da cratera houve o plantio de pinus onde antes havia agricultura.

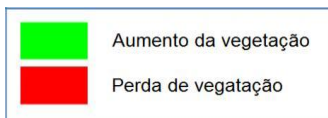
Infelizmente, dados entre 1954 e 1980 são quase inexistentes. O que se pode afirmar é que toda a floresta ombrófila mista foi quase totalmente destruída pela ação antrópica, seja para a agricultura, seja para a construção do distrito de Vista Alegre (dentro da cratera).

FIGURA 31 – Sobreposição de Imagens para comparação e indicação das áreas de aumento e perda de vegetação.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2015.

Legenda:



A comparação entre os dados atuais e dados da década de 1980 fornece subsídios para um possível plano de manejo visando a proteção e conservação deste patrimônio geológico (gestão territorial). Ao se incluir o debate dos efeitos humanos sobre a cratera na educação, surge a preocupação de como manter esta geodiversidade única de maneira sustentável, dentro das premissas propostas pela geoconservação.

O uso da “terra” dentro da cratera e em suas bordas é apresentado para uma análise de possíveis impactos. Uma questão que se coloca é a possibilidade ou não de mitigar as ações antrópicas dentro da cratera para que estas ações não comprometam seu desgaste natural (poluição de rios, aumento de erosão das encostas pela agricultura, dentre outros). A região possui agricultura consolidada e não se pensa em ações intervencionistas, mas contendo um geossítio raro (pedreira) como patrimônio cultural paranaense tombado, parece necessário uma maior conscientização local sobre a importância da cratera de Vista Alegre como um todo. Esta rara feição geológica deve ser valorizada culturalmente e esta valorização vai além do geossítio.

5. TOMBAMENTO COMO PATRIMÔNIO CULTURAL

O tombamento do geossítio da cratera de Vista Alegre foi um processo que levou em consideração sua raridade do ponto de vista científico. Segundo o IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional):

Embora a preservação da herança cultural e natural do país já tivesse sido explicitada, especialmente na legislação pioneira da década dos anos 30 do século passado e garantida por constituições de diversos períodos da história do Brasil, somente a Constituição Federal da República Federativa de 1988 definiu, de forma ampla e pormenorizada, o interesse pelo patrimônio natural e cultural do Brasil. Para tanto se utilizou, em seu texto, de dois diferentes capítulos. O Capítulo sobre o Meio Ambiente trata da conservação da natureza sob um ponto de vista biológico. A responsabilidade legal e administrativa pelo meio ambiente ecologicamente equilibrado, pela preservação e restauração de processos ecológicos essenciais, pela biodiversidade e pela integridade do patrimônio genético, bem como unidades de conservação como parques nacionais e reservas ecológicas é conferida a órgãos ambientais. O Capítulo da Cultura declara como patrimônio cultural brasileiro alguns conjuntos urbanos e sítios naturais, sendo a gestão atribuída a órgãos culturais. Segundo a definição de patrimônio cultural da Constituição da República Federativa do Brasil, uma das mais perfeitas e abrangentes em todo o mundo, *"constituem o patrimônio cultural brasileiro, os bens, de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem as formas de expressão; os modos de criar, fazer e viver; as criações científicas, artísticas e tecnológicas; as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados as manifestações artístico-culturais; os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico"* (IPHAN, 2004).

No entendimento da UNESCO “o patrimônio cultural é de fundamental importância para a memória, a identidade e a criatividade dos povos e a riqueza das culturas”, podendo este patrimônio ser caracterizado de duas formas:

Patrimônio Cultural Mundial: é composto por monumentos, grupos de edifícios ou sítios que tenham um excepcional e universal valor histórico, estético, arqueológico, científico, etnológico ou antropológico. **Patrimônio Natural Mundial:** significa as formações físicas, biológicas e geológicas excepcionais, habitats de espécies animais e vegetais ameaçadas e áreas que tenham valor científico, de conservação ou estético excepcional e universal. Nesse sentido, a UNESCO trabalha impulsionada pela Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial Cultural e Natural (1972), que reconhece que alguns lugares na Terra são de “valor universal excepcional”, e devem fazer parte do patrimônio comum da humanidade. Especialmente a respeito da Convenção do Patrimônio Mundial de 1972, como é popularmente conhecida, é hoje o instrumento internacional da UNESCO que obteve a adesão de mais Estados Membros, incluindo o Brasil. Cerca de 190 países já a ratificaram e se tornaram parte de uma comunidade internacional unida pela missão comum de identificar e salvaguardar o sítios do Patrimônio Cultural e Natural mais significativos do mundo. (UNESCO)

Em sintonia com os preceitos internacionais, o CEPHA (Conselho Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico que faz parte da Secretaria de Estado de Cultura do Paraná), está na vanguarda no que tange a não diferenciar patrimônio natural ou cultural, abrangendo ambos sob a mesma égide e não fazendo distinção entre ambos.

Neste cenário o professor Alvaro Crósta (UNICAMP), identificou a cratera de Vista Alegre como sendo de origem de impacto meteorítico. Foi observado que tratava-se de uma das quatro crateras em rocha basáltica conhecidas no mundo, dentre as quais estão a Cratera Lonar na Índia a de Vargeão em Santa Catarina e a do Cerro do Jarau, no Rio Grande do Sul (CRÓSTA, 2010), enfatizando sua raridade. Assim, a cratera de Vista Alegre foi apontada como “sítio geológico” em 2006, pela Mineropar (SANTOS, 2006), que fixou painéis na área com explicações sobre a formação da cratera (Anexo 4). A ação da Mineropar foi com intuito de divulgação pública (educação não formal) e para o geoturismo, no âmbito do Projeto Sítios Geológicos e Paleontológicos do Paraná.

O processo de tombamento da cratera foi iniciado em abril de 2007. O tombamento não era a cratera como um todo, tendo em vista suas dimensões (9,5 quilômetros de diâmetro) e sua ocupação por fazendas. O objeto de tombamento foi uma pedreira de pequenas dimensões, cerca de 10.450 m², caracterizada por apresentar um afloramento de rochas, chamadas de brechas polimíticas de impacto. São estas brechas as principais fontes de informação que permitiram aos geólogos determinar a origem e como se deu a formação da cratera.

O CEPHA julgou procedente a importância da cratera de Vista Alegre e a preservação do geossítio como patrimônio cultural (assim como ocorreu com a Serra do Mar, que apesar de sua condição de área de grande valor ambiental, também é considerada como patrimônio cultural).

Dois anos após ser cadastrada como sítio geológico, em 21 de dezembro de 2008, a cratera de Vista Alegre foi tombada e inscrita no livro-tombo do Paraná em cerimônia oficial (CEPHA, 2016).

O tombamento é um processo que visa a proteção de uma área para que futuras gerações possam desfrutar do conhecimento, dando a oportunidade de novos estudos e descobertas sobre esta área. Apesar de que apenas a pequena pedreira foi alvo do tombamento, seus reflexos se dão pelo conhecimento do evento

que formou a cratera em si e ancoram conceitualmente o conteúdo científico dos arredores.

A cratera é considerada muito rara e de grande valor científico, turístico, educativo e cultural. As rochas ali encontradas são únicas no Paraná, apresentando feições e características muito especiais, difíceis de se observar em outros locais. O tombamento da pedreira reflete essa importância científica e também valoriza a cratera culturalmente, dando-lhe visibilidade local, estadual e nacional.

Essa importância geográfica e histórica, não somente para a região como para a comunidade científica em geral, é a justificativa principal que norteou o processo e busca a preservação da pedreira (CEPHA, 2016). O IPHAN (2004) aponta argumentos sobre a preservação de patrimônio natural que se enquadram perfeitamente ao caso de Vista Alegre:

Duas posturas justificam as ações de preservação do patrimônio natural. A primeira, de cunho ético, fundamenta-se em um imprescindível valor humano, o respeito e a solidariedade que o homem, única criatura capaz de conhecer e compreender os fenômenos materiais e imateriais do universo, deve a todos os seres que o rodeiam, sobretudo às diferentes formas de vida com as quais compartilha o espaço e o tempo. A segunda, de cunho pragmático, origina-se do interesse e dependência do homem pelos recursos da natureza sem os quais não pode subsistir. A preservação dos recursos naturais assegura ao homem a possível fruição desses bens, mesmo que ainda não conheça suas possíveis formas de utilização. Ambas as posturas se fundamentam em questões culturais. Os organismos e instituições da área ambiental dedicam-se prioritariamente a aspectos físicos e biológicos da natureza. Os órgãos culturais defendem o que é característico de cada grupo social. A pluralidade cultural constitui um patrimônio tão rico quanto a diversidade genética. A luta contra a uniformização cultural é tão importante quanto a proteção de paisagens ou de espécies vegetais e animais. A preservação do patrimônio natural propicia excelente exercício de integração entre os elementos físicos e biológicos da natureza, os sistemas que estabelecem entre si e com as ações humanas. Fornece chaves para a proteção sinérgica de sítios e formações naturais significativas... (IPHAN, 2004).

A pedreira guarda os vestígios do impacto do corpo celeste que provocou profundas transformações, tanto nas rochas já existentes, quanto no corpo que provocou a colisão. As paredes de pedra são nuas e apresentam uma altura variável de 2 a 4 metros e o local apresenta fragmentos de rocha triturada e minerais formados nos momentos em que o provável meteorito se chocou com a crosta terrestre. A solenidade de assinatura ocorreu na própria pedreira que fica próxima ao distrito de Vista Alegre (que deu origem ao nome da cratera), e é mostrada nas figuras 32 e 33 (CEPHA, 2016).

É importante ressaltar que o tombamento da pedreira e a projeção do geossítio tanto em nível municipal, estadual, nacional e até mesmo internacional precisam envolver a comunidade local, sem a qual não há nem mesmo medidas adequadas de proteção, como fiscalização e limpeza. É preciso que a população conheça, mesmo que de maneira informal, a origem e história do lugar onde habita para adquirir um sentimento de “pertencimento” e a consequente valorização e “apropriação” de seu patrimônio.

FIGURA 32 – Antiga pedreira, agora tombada (à esquerda, painel explicativo instalado pela Mineropar).



Fonte: O autor (2016).

FIGURA 33 – Detalhe das rochas presentes no entorno da pedreira, em Vista Alegre.



Fonte: O autor (2016).

Da pedreira foram extraídas rochas conhecidas como “brechas polimíticas de impacto”. Constituem-se de “massas desordenadas e pobremente selecionadas de fragmentos de rochas, escavados de forma violenta do terreno durante o processo inicial de formação de crateras de impacto” (CRÓSTA, 2012). Os fragmentos, de tamanhos variados, são lançados para o alto e parte deles cai novamente dentro da cratera recém-formada, sedimentando-se em uma matriz fina constituída por poeira e fragmentos maiores dispersos que formarão as brechas. Em termos de composição, são constituídas de vários tipos de rocha e eventualmente são encontradas estruturas especiais, como os cones de estilhaçamento (*shatter cones*) que atestam a formação por impacto meteorítico (CRÓSTA, 2012). Há alguns anos este material foi utilizado como paralelepípedos e meio-fio em calçadas em Vista Alegre e, quando moído, como areia para a construção da estrada lateral à pedreira. Amostras deste material podem ser observadas na figura 34.

FIGURA 34: Amostra de brecha polimítica originada com o impacto em Vista Alegre. A dimensão maior é de cerca de 15cm.



Fonte: O autor (2016).

6. CONTEXTO EDUCACIONAL

6.1- A educação não formal

A educação não formal é uma forma de educar que transcende a estrutura escolar formal mesmo que, às vezes, faça parte do mesmo ambiente. Saídas a campo, projetos sociais, visitas a museus e maquetes, atividades fora do “currículo” de determinadas matérias e do ambiente escolar formal ou até mesmo iniciativas públicas, como painéis explicativos e distribuição de folhetos com dados científicos para o público e documentários podem ser enquadrados nesta proposta. Até mesmo a educação profissionalizante é considerada por alguns autores como educação não formal. Por este motivo, a definição de educação não formal ainda não é “consensual” entre os pesquisadores sobre o assunto, conforme argumentação de Fávero (2007):

O *não formal* tem sido uma categoria utilizada com bastante frequência na área de educação para situar atividades e experiências diversas, distintas das atividades e experiências que ocorrem nas escolas, por sua vez classificadas como *formais* e muitas vezes a elas referidas. Na verdade, desde há muito tempo classificava-se como *extraescolares* atividades que ocorriam à margem das escolas, mas que reforçavam a aprendizagem escolar, nas bibliotecas, no cinema, no esporte, na arte. A terminologia *formal/não formal/informal*, de origem anglo-saxônica, foi introduzida a partir dos anos de 1960. A explosão da demanda escolar que passou a ocorrer após o fim da Segunda Guerra Mundial, em 1945, em primeiro lugar, não conseguiu ser atendida satisfatoriamente pelos sistemas escolares do Primeiro Mundo. Em segundo, deu lugar ao questionamento desses sistemas escolares como instâncias de promoção social. Basta lembrar a teoria de reprodução, de Bourdieu e Establet, e a idéia da escola como aparelho ideológico do Estado, de Althusser. Em terceiro, e talvez esse seja o argumento mais importante, questionava-se também sua eficácia com vista à formação de recursos humanos para as novas tarefas de uma transformação industrial que se fazia aceleradamente. A chamada “crise da educação”, de um lado, exige o planejamento educacional; de outro, passa a valorizar as atividades e experiências não escolares, não só as ligadas à formação profissional, mas também as que se referiam à cultura em geral. É o momento da defesa da *educação permanente*, que cobriria todas as idades e todos os aspectos da vida de uma pessoa e mesmo de uma coletividade (FÁVERO, 2007).

Para alguns autores ou entidades, como o Conselho da União Europeia, existem diferenças conceituais entre educação formal, não formal e informal (GOHN, 2006). Para Gadotti (2005), a educação não formal não se contrapõe à educação formal e o “direito à educação está sob suspeita numa época em que a educação é tratada como uma mercadoria, como sustenta a Organização Mundial do Comércio

(OMC)". Assim sendo, mesmo sem se contrapor à educação formal, a educação não formal é um veículo de democratização da educação, sendo levada a todos, sem distinção de idade, renda ou quaisquer outros entraves ou regras da educação formal. É preciso precauções para que o conteúdo a ser divulgado obedeça aos mais rígidos critérios científicos, simplificando conceitos sem cair no "simplismo".

A educação não formal é unânime em um aspecto: sua relevância social e, por consequência, sua natureza democrática e de acesso facilitado. O respeito pelos saberes populares que demandam pesquisas, a cultura e seus aspectos multifacetados são temas recorrentes em trabalhos sobre a educação não formal. Apesar de não ser um tema "novo" no Brasil, segundo alguns autores, o tema ainda necessita de maior visibilidade. Segundo Rodrigues e Tamanini (2012):

A partir de um olhar reflexivo apoiando-se nas fontes já consultadas constatamos que são poucos os estudos abordando esta problemática no contexto da Educação brasileira e quando observado do ponto de vista de investigação local - regional inexistem reflexões acerca desta temática. (RODRIGUES;TAMININI, 2012)

Embora não exista consenso sobre as atribuições da educação não formal, para este trabalho específico é pertinente o que a maioria dos autores apresenta em comum sobre o tema. Isso se resume na afirmação de Brandão (1981):

Ninguém escapa da educação. Em casa, na rua, na igreja ou na escola, de um modo ou de muitos, todos nós envolvemos pedaços da vida com ela: para aprender, para ensinar, para aprender e ensinar. Para saber, para fazer, para ser ou para conviver, todos os dias misturamos a vida com a educação. Com uma ou com várias Educações. (BRANDÃO, 1981, p. 07).

Nos Estados Unidos o chamado *Free-choice learning* ou "Aprendizagem por livre escolha", é uma variante de educação não formal e vem ganhando espaço principalmente no meio científico já há algum tempo. Este tipo de aprendizagem engloba desde o aprendizado sobre o meio ambiente até o aprendizado com jogos de computador, tendo amplo espectro de inserção na comunicação científica. Segundo Falk (2006):

O público atualmente aprende sobre o ambiente a partir de ampla gama de fontes, incluindo: o sistema de educação formal, livros de bibliotecas e lojas de varejo, museus (um termo genérico que inclui museus de história natural, centros de ciência, jardins zoológicos, aquários, jardins botânicos, arbóreos e centros de natureza); Parques (locais, regionais e nacionais); Locais de ecoturismo (por exemplo, observação de baleias, áreas naturais, observação de terrenos); Programação televisiva (pública, rede e cabo); Filme e vídeo; Jornais; rádio; revistas; a Internet [...]. Historicamente, cientistas ambientais, educadores e políticos focaram grande parte da sua atenção e a maior parte do seu dinheiro no apoio à educação na escolaridade e na infraestrutura educacional. Contudo, nos últimos anos, particularmente nos EUA, cientistas ambientais, educadores e

financiadores mostraram uma apreciação crescente para o importante, na verdade fundamental, papel desempenhado pela vasta gama de instituições de educação ambiental não escolar...(²FALK, 2006. Tradução nossa).

A internet é um novo meio de mídia no qual a educação não formal, por meio de revistas eletrônicas, jornais eletrônicos, vídeos, dentre outras ferramentas, é capaz de alcançar um público tanto local como geral. Para Marandino et al. (2003):

Entre os autores que discutem a divulgação científica não existe um consenso relativo à definição dos termos ensinar e divulgar. Ao mesmo tempo em que se encontram afirmações sobre a função social de ambas as práticas que as aproximam atribuindo tanto à escola quanto às mídias o papel de ensino, sendo inclusive complementares, é possível identificar posições que fazem questão de diferenciá-las, atribuindo à divulgação o papel motivador como instrumento pedagógico sem substituir o aprendizado sistemático. (MARANDINO et al., 2003).

Portanto, o ensinar e/ou divulgar ciência por meios eletrônicos como a internet, considerando-a como um meio para a educação não formal dependerá do público que se submeterá a esta informação por sua livre e espontânea vontade. Para alguns, a informação científica será uma espécie de “divulgação” de dados, para outros, informação e conhecimento de anseio para os mesmos.

São necessárias salvaguardas no que se refere à divulgação científica nesta escala, pois a internet é global e permite a divulgação de informações incorretas ou superficiais em igualdade. Estas ressalvas podem ser dadas quando um vídeo traz o nome de uma instituição educacional, o que sugere que o conteúdo do mesmo passou pelo crivo científico. Assim, na internet, é possível a separação de dados científicos confiáveis de informações incorretas ou enganosas. Apesar do endosso de uma instituição educacional formal, o aprendizado ocorre de maneira não formal.

² The public currently learns about the environment from a wide range of sources, including: the formal education system, books from both libraries and retail outlets, museums (a generic term which includes natural history museums, science centers, zoos, aquariums, botanical gardens, arboretums and nature centers); parks (local, regional and national); ecotourism sites (e.g., whale watching, lodges in natural areas, Earthwatch); television programming (public, network and cable); film and video; newspapers; radio; magazines; the Internet; community-based organizations (also a generic term meant to include organizations such as the World Wildlife Fund, Sierra Club, Wilderness Society and National Wildlife Federation as well as organizations such as the YWCA, Boys and Girls Clubs, Scouts, Elderhostel, AARP and health-related organizations); and through conversations with friends and family (Rogoff & Lave, 1984; Griffin, 1989; Hacker & Harris, 1992; Chen, & Bitgood, 1994; Caillot & Nguyen-Xuan, 1995; Crane et al., 2005; Miller & Pifer, 1996; Brice Heath & Smyth, 1999). Historically, environmental scientists, educators and policy makers have focused most of their attention and the majority of their monies on supporting environmental education in one part of the educational infrastructure – schooling. However, in recent years, and particularly within the USA, environmental scientists, educators and funders have shown a growing appreciation for the important, in fact fundamental, role played by the vast array of non-school environmental education institutions[...]

Vídeos ou documentários contribuem enormemente para motivar a educação científica. Vieira & Sabatinni (2013) comentam:

[...] definir documentário significa também conhecer a estrutura institucional que o patrocina, o conjunto de profissionais que o produz, os filmes e vídeos e o público que tem o desejo de aprender através de um documentário. Não se define um filme como de divulgação científica apenas por apresentar conteúdos científicos, mas também por seu formato e abordagem, que contribuem para que haja envolvimento, reflexão, estímulo à busca de conexões com outros conteúdos, com outras situações e, principalmente motivação para querer aprender mais. A divulgação científica através de um discurso audiovisual tem suas próprias especificidades. (VIEIRA; SABATINNI, 2013).

6.2- A educação patrimonial

A educação patrimonial, no contexto do patrimônio geológico, tem sido inserida no Brasil nos últimos anos por geocientistas que se articulam para que exemplares raros da geodiversidade não se percam (CASTRO et al., 2015).

A cratera de Vista Alegre é um desses exemplares raros, visto existirem poucas crateras de impacto preservadas no Brasil, sendo ainda mais raro pelo fato de apenas quatro crateras de impacto no mundo serem sobre derrames de lava basáltica.

Segundo CASTRO et al.(2015):

No entanto, ainda são poucos os trabalhos que buscam conhecer melhor as comunidades que vivem no entorno de geossítios antes de iniciar um trabalho de geoconservação, de geoturismo, de divulgação científica ou de educação patrimonial. Por isso, algumas comunidades acabam por conviver com um patrimônio que, muitas vezes, lhes é imposto, pois elas não foram consultadas sobre o tema. Não o entendem como herança e, desta forma, não vêm motivos para conservá-lo. Consultar as pessoas que residem próximo aos geossítios não significa que os pesquisadores busquem aprovação ou mesmo reconhecimento, mas compreender a forma como elas se relacionam com os elementos da geodiversidade sem juízo de valor, ou seja, diagnosticar a situação para poder elaborar estratégias em conjunto. As estratégias modificar-se-ão de acordo com cada situação, pois devem ser específicas para cada local, levando em consideração o contexto social, cultural e econômico. Após a finalização do diagnóstico e realizadas as análises, podem ser elaboradas as estratégias necessárias para que as pessoas que convivem com a geodiversidade em seu cotidiano a reconheçam como patrimônio, ainda que não seja pelo seu valor científico. As estratégias podem ter o cunho de divulgação, de educação, de conservação, entre outras. (CASTRO et al., 2015).

No caso específico da cratera de Vista Alegre, embora o geossítio esteja preservado, existe pouco entendimento sobre a raridade do local. A maioria das pessoas em Coronel Vivida e em Vista Alegre reconhece a cratera, mas de maneira

superficial. A prefeitura de Coronel Vivida criou até uma pequena infraestrutura, com um mirante para a observação da cratera objetivando o geoturismo.

O mirante é simples, mas bem construído e situado em uma área que permite uma visão panorâmica da cratera. Existem painéis da Mineropar no local que ajudam a entender o contexto de formação da cratera. Cabe observar aqui que a Mineropar agiu no sentido de explicar o que é uma cratera de impacto, de maneira contextualizada não formal.

Existem algumas críticas no sentido da implantação de painéis de maneira adequada, com mais “figuras” e menos informações. Segundo Moreira (2008). “[...] tais painéis poderiam ser melhor aproveitados se estivessem em locais estratégicos e fossem reformulados, apresentando menos informações e mais figuras.” Esta observação se fez especificamente sobre painéis no Parque Nacional do Iguaçu, confeccionados pela Mineropar para o geoturismo. A autora também comenta sobre a falta de informações sobre a gênese geológica das cataratas.

Muito embora estas críticas sejam válidas no sentido de um aprimoramento visual e dados científicos, não se pode dizer o mesmo sobre os painéis em Vista Alegre, que foram implantados no âmbito do mesmo projeto estadual. Os painéis se encontram em locais estratégicos (mirante e pedreira) e possuem linguagem simples, fundamentada cientificamente e voltada ao público em geral.

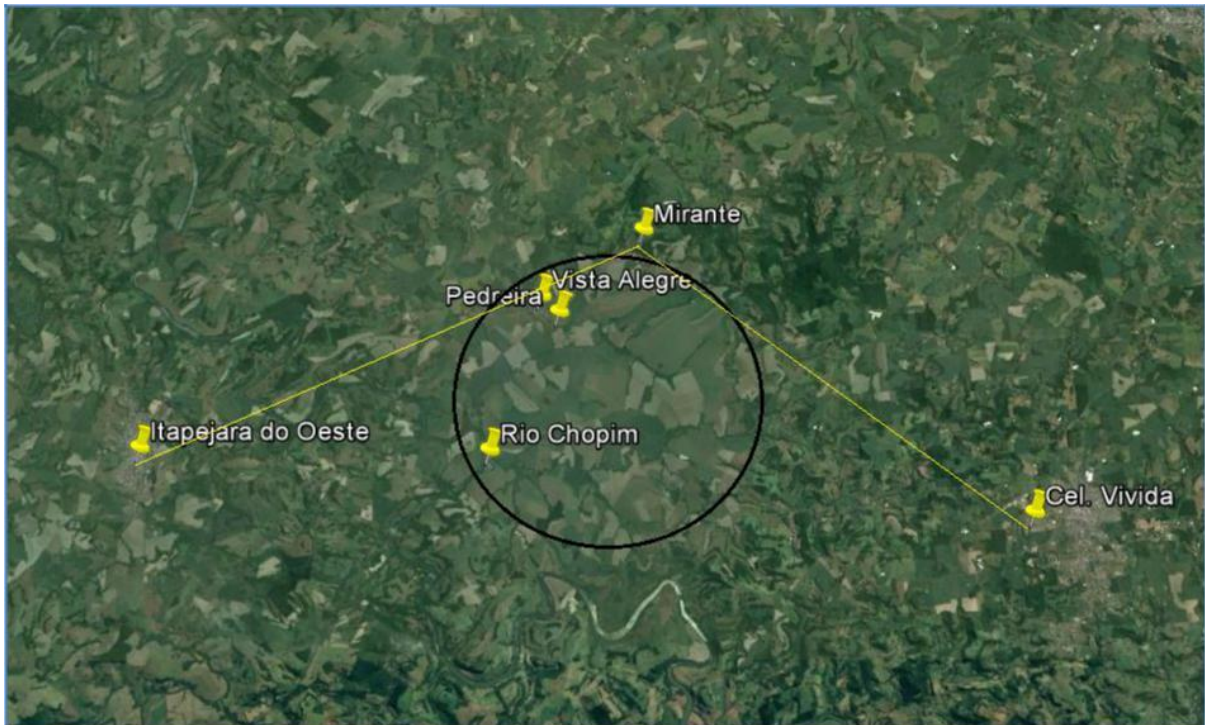
Na figura 35 há uma imagem do mirante e a figura 36 mostra a vista da cratera a partir da posição do mirante por imagem de satélite.

FIGURA 35 – Painel e mirante da cratera de Vista Alegre, em Coronel Vivida.



Fonte: O autor (2016).

FIGURA 36 – Pontos observáveis a partir do mirante da cratera de Vista Alegre.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A figura 37 aponta o panorama geral da cratera de Vista Alegre, do ponto de vista do mirante, e referenciais com setas para uma melhor ideia de localização.

FIGURA 37 – Panorâmica da Cratera com pontos referenciados.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Apesar da construção do mirante e do reconhecimento local da cratera, a geodiversidade de maneira geral é ainda desconhecida. As rochas já retiradas da antiga pedreira, que foram utilizadas como parte do calçamento na principal rua de Vista Alegre, não foram valorizadas, uma vez que foram pintadas com cal, conforme é demonstrado na figuras 38 (antes) e 39 (depois), com as setas em vermelho. Certamente este fato aponta o desconhecimento do valor cultural que estas “meras” rochas contêm, e cuja informação não chegou à comunidade local.

FIGURA 38 – Calçamentos oriundos da pedreira tombada antes de serem pintados e descaracterizados.



Fonte: Liccardo, 2015.

FIGURA 39 – Calçamentos oriundos da pedreira tombada pintados e descaracterizados.



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2016.

Este fato, aliado ao conhecimento superficial sobre a cratera, demonstra certa urgência na difusão da informação como ação de educação patrimonial, tanto no distrito de Vista Alegre, como no município de Coronel Vivida.

Horta et al. (1999), definem educação patrimonial como:

Trata-se de um processo permanente e sistemático de trabalho educacional centrado no Patrimônio Cultural como fonte primária de conhecimento e enriquecimento individual e coletivo. A partir da experiência e do contato direto com as evidências e manifestações da cultura, em todos os seus múltiplos aspectos, sentidos e significados, o trabalho da Educação Patrimonial busca levar as crianças e os adultos a um processo ativo de conhecimento, apropriação e valorização de sua herança cultural, capacitando-os para um melhor usufruto destes bens, e propiciando a geração e a produção de novos conhecimentos, num processo contínuo de criação cultural (HORTA et al., 1999).

Esta proposta vem ao encontro das necessidades para o contexto de Vista Alegre, envolvendo interdisciplinaridade comum ao ensino de Geografia, como Astronomia, Geologia, Climatologia, dentre outros.

A educação patrimonial pretende incutir a importância da preservação, envolvendo questões de cidadania, como o respeito, o espírito de coletividade, a interação na defesa da memória, tendo como base os saberes formais científicos e históricos sobre a área.

6.3- Correlações da educação não formal com a educação patrimonial

Umas das estratégias geradas por este trabalho para a educação patrimonial é a aplicação do conceito de educação não formal para a comunidade local.

Nessa linha, o consenso é de que a educação não formal ou mesmo informal sejam maneiras de ensinar/aprender socialmente, isto é, educar conforme as necessidades e entendimentos da população local, levando em consideração o conhecimento formal para a criação de uma cultura crítica em uma comunidade ou sociedade.

Tendo em vista que a educação patrimonial possui princípios similares, estes dois referenciais teóricos se complementam para a valorização do patrimônio de Vista Alegre e para um possível geoturismo consciente. Segundo FALK, 2002:

Não há uma só maneira de aprender, nem um só lugar ou momento nos quais aprendemos. Toda aprendizagem tem um lugar contínuo, desde muitas fontes e de muitas maneiras diferentes. Existem três setores educativos principais, o setor educativo formal de escolas e universidades, o lugar de trabalho, e o setor de livre aprendizagem. Dos três, o que mais é descuidado é o de livre alvito. Este último setor de aprendizagem inclui museus, televisão, rádio, a Internet, revistas, jornais, livros, parques e organizações comunitárias de todo tipo: juvenis, de adultos, religiosas, ambientalistas, de saúde, esportes e recreação. É uma vasta infra-estrutura educativa que apoia a aprendizagem 'sobre a marcha' de todos os cidadãos. Pesquisas recentes sugerem que aproximadamente a metade da aprendizagem e compreensão da ciência pelo público é oriunda do setor de livre aprendizagem. Por isso é necessário que aqueles que formulam políticas educativas e aqueles que as levam em prática reconheçam o papel fundamental que tem a livre aprendizagem na compreensão pública da ciência (FALK, 2002).

Um exemplo da educação não formal que se aplicou à cratera de Vista Alegre, em Coronel Vivida, foi sua própria descoberta pelo engenheiro florestal Osmar Eugenio Kretschek. O engenheiro não era formado em Geologia, Astronomia, tampouco era conhecedor profundo dos conceitos sobre patrimônio cultural, porém, suas observações no local o levaram a inferir que o distrito de Vista Alegre possivelmente se encontrava dentro de uma cratera de impacto, baseando sua hipótese em observações da área e cruzando estas informações com o conteúdo de um jornal da Unicamp sobre o tema. O engenheiro teve a sensibilidade de entrar em contato com o professor Álvaro Crósta para submeter sua ideia ao crivo da ciência.

Com base no argumento de Falk (2002), “...aprendizagem na compreensão pública da ciência” e na ideia de educação não formal, a estratégia para o geossítio de Vista Alegre é buscar a transposição do conteúdo científico descrito neste trabalho ao público em geral e, principalmente, como complemento à educação.

Neste sentido a internet é um meio não formal de divulgação científica muito eficaz e um instrumento de facilitação e democratização de acesso ao conhecimento. Um vídeo explicativo foi criado e disponibilizado em https://www.youtube.com/watch?v=U_JW-M3ZR0c sobre a evolução da área no tempo, divulgado para professores locais e comunidade em geral, oferecendo a ampla possibilidade da “aprendizagem pública da ciência” e potencializando a educação patrimonial. Este vídeo foi construído, aplicado experimentalmente e avaliado como um método para educação não formal e patrimonial, no âmbito desta pesquisa.

Para Liccardo e Pimentel:

Apresentar a produção científica, seja por meio de vídeos, fotos e ilustrações ou por meio de produtos, objetos e amostras, é um importante caminho de estímulo ao aprendizado e à divulgação do conhecimento, pois contextualiza o fenômeno científico e fornece fundamento para o seu entendimento consistente. As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL 2006) recomendam o desenvolvimento de práticas externas ao espaço escolar como motivadoras para os alunos, justamente por deslocarem o ambiente de aprendizagem para o local de ocorrência dos fenômenos. Neste sentido, as atividades externas à sala de aula dão relevo ao aprendizado a respeito da natureza e dinâmica do meio ambiente, entretanto, muitas vezes, exigem deslocamentos e logística que nem sempre são viáveis. (LICCARDO; PIMENTEL, 2015)

Este tipo de processo leva tempo, mas a apropriação da comunidade através da ciência, dos valores e da história embutida na origem e formação da cratera, pode potencializar a valorização da cratera pela comunidade local e com isso, contribuir para a geoconservação e eventualmente para o geoturismo.

7. ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO VÍDEO “CRATERA DE IMPACTO DE VISTA ALEGRE”

A divulgação de ciência de maneira não formal por vídeo, como no caso da origem e evolução da cratera de impacto de Vista Alegre, em Coronel Vivida (PR), de caráter experimental, pode contribuir para a educação patrimonial, para o geoturismo e para a educação formal.

A descoberta da cratera de Vista Alegre foi divulgada por meio de painéis (Anexo 4), folhetos (Anexos 5 e 6) e publicações específicas pela Mineropar, além de ser difundida por palestras na região pelo professor Alvaro Crósta. Houve um grande investimento em informar a sociedade local sobre o sítio por meio de ações características de educação não formal. Neste trabalho, procurou-se dar maior visibilidade ao tema através de explicações científicas em um vídeo que oferece uma visão mais ampla do possível objeto que formou a cratera, o contexto geológico em que a mesma se formou, sua idade, assim como outras informações que agregam valor às estratégias anteriormente desenvolvidas. A estrutura do vídeo segue um modelo de simples compreensão: a localização da cratera no Paraná e a história, mesmo que ainda incompleta, de sua formação; definição de cratera de impacto; origens dos objetos que podem formá-la; o contexto geológico pré-impacto; a violência do impacto; o contexto pós-impacto; a antropização da área; a importância e raridade para sua preservação (Anexo 1).

O vídeo, em um primeiro momento, foi submetido a um público alvo específico para uma avaliação, antes de ser colocado no *youtube* (em 4 de fevereiro de 2017 no endereço: https://www.youtube.com/watch?v=U_JW-M3ZR0c).

Para a avaliação do vídeo como forma de convergência entre a educação não formal e a educação patrimonial, utilizou-se de pesquisa qualitativa com aplicação de questionários. A análise dos resultados se deu de maneira informal (interpretativa quanto às respostas descritivas). Optou-se pela aplicação de um questionário simples antes da apresentação do vídeo (Anexo 2) e outro questionário após sua exibição (Anexo 3).

O objetivo deste procedimento foi o de validar o vídeo como uma forma de educação não formal tendo como parâmetro as diferenças entre o “antes” e o “depois” de sua exibição, relativas ao conteúdo geocientífico e valorização patrimonial.

Participaram desta pesquisa onze professores de Geografia da rede estadual de ensino do Paraná de diferentes municípios, que atuam há mais de doze anos em sala de aula. Este grupo está em processo de formação continuada pelo Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE) conduzido pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Também oitenta e seis alunos de graduação em Geografia, sendo nove alunos do 3º ano do Bacharelado; vinte e dois alunos do 6º semestre de Licenciatura; vinte e dois alunos do 4º semestre de Licenciatura e trinta e três alunos do 2º semestre de Licenciatura. Este conjunto de pessoas apresentou diferentes níveis de conhecimento de conteúdos ligados ao tema; oferecendo um universo amplo para a obtenção de informações relativas à avaliação do vídeo.

Cada grupo foi avaliado separadamente e depois em conjunto para uma estimativa do grau de assimilação do conteúdo do vídeo.

7.1- GRUPO A - Professores de Geografia da rede estadual de ensino do Paraná

7.1.1- O primeiro questionário (antes da apresentação do vídeo – Anexo 2)

Dos onze professores que se submeteram ao primeiro questionário, quatro não sabiam o que era uma cratera de impacto (36%), quatro responderam que sabiam, mas não sabiam ou não lembravam de alguma, (36)%, dois citaram uma cratera de impacto conhecida (do Arizona) e um citou uma cratera “genérica” (nos EUA).

Tendo em vista as respostas complementares (citar uma cratera de impacto conhecida), pode-se observar que apenas dois indivíduos conheciam o tema mais profundamente, ou seja, 18%.

Sobre a importância de crateras de impacto na evolução da vida na Terra, apenas dois indivíduos responderam de forma superficial sobre extinções em massa, mas não relacionaram a existência da própria Terra como fruto de múltiplos impactos.

Na questão sobre as crateras de impacto serem consideradas como patrimônio, das sete respostas afirmativas, apenas uma resposta foi considerada “satisfatória”. Das quatro respostas negativas, não houve justificativa.

A conclusão com base nas respostas aferidas é que apenas um indivíduo sabia do que se tratava uma cratera de impacto e de sua importância para evolução e como patrimônio cultural. Ou seja, 9% do grupo pesquisado.

7.1.2- O segundo questionário (depois da apresentação do vídeo – Anexo 3)

Dos onze professores, todos responderam que o vídeo foi importante (100%). Também nota-se na maioria das respostas um maior entendimento sobre o que é uma cratera de impacto, sendo que alguns professores citam a “história geológica”, “divulgação científica” e “didática” sobre o vídeo. Sobre o porquê de a cratera ser considerada um patrimônio, todos os professores responderam satisfatoriamente a questão (100%). Dois indivíduos utilizaram o termo “eu não sabia/ou conhecia” sobre os aspectos do vídeo”. Um dos indivíduos salientou: “Eu não sabia que existia uma cratera de impacto tão próxima, logo ali...”. Apenas um professor ainda não soube explicar a importância de crateras de impacto na evolução da vida na Terra, ou seja, 9% do grupo, mas, este mesmo indivíduo sugeriu mais informações sobre o assunto em suas observações. Houve duas menções nas sugestões para que mais professores e alunos tenham acesso a este tipo de conteúdo (vídeo) e outras duas menções à visita ao local.

A conclusão sobre a exposição do vídeo ao grupo de professores demonstrou que:

- 1) O assunto não pertencia ao cotidiano dos professores;
- 2) Que o entendimento sobre o assunto via recurso visual é mais fácil, porém, não deve ser a única via;
- 3) Que o vídeo ajuda, mas não resolve de imediato o problema sobre o conhecimento e valorização de um patrimônio;
- 4) Como recurso da educação não formal e patrimonial, o vídeo é válido, porém, deve estar atrelado ao conhecimento formal para obtenção de um melhor resultado.

7.2- GRUPO B – Alunos do curso de Bacharelado em Geografia da UEPG

7.2.1- O primeiro questionário (antes da apresentação do vídeo – Anexo 2)

Dos nove alunos que se submeteram ao primeiro questionário, todos responderam que sabiam o que era uma cratera de impacto, mas apenas seis

citaram o nome de uma cratera conhecida, sendo que dois deles compartilharam a informação entre si, o que invalida suas respostas (conclusão com base nas demais respostas), deixando apenas quatro respostas válidas, ou seja, 44% dos indivíduos sabiam o que era uma cratera de impacto. Apenas um indivíduo soube explicar de maneira simplificada a importância de crateras de impacto na evolução da vida na Terra mencionando extinções (dos dinossauros especificamente), sem levar em conta a formação da Terra (11%).

Um fato interessante: oito dos nove indivíduos responderam que crateras de impacto podem ser consideradas como patrimônio, mas observando-se mais atentamente e sabendo-se que apenas 44% dos mesmos sabia o que era uma cratera de impacto, as informações são incongruentes. Das quatro respostas consideradas válidas, nenhuma fala de “raridade”, apenas mencionam “geologia” e “história do planeta” de forma geral.

A conclusão com base nas respostas aferidas é que apenas quatro indivíduos sabiam do que se tratava uma cratera de impacto mas, de maneira geral, ninguém soube explicar adequadamente a sua importância para evolução e como patrimônio cultural.

7.2.2- O segundo questionário (depois da apresentação do vídeo – Anexo 3)

Do conjunto de nove alunos, todos responderam que o vídeo foi importante (100%). Também nota-se na maioria das respostas o entendimento sobre o que é uma cratera de impacto, porém, na questão sobre o porquê da cratera ser considerada um patrimônio, apenas quatro alunos responderam satisfatoriamente a questão, lembrando a “raridade” do local ou de suas características geológicas (44%). Como exemplo, uma das respostas satisfatórias para a questão foi: “Devido às rochas resultantes do impacto que alcançou o arenito Botucatu, alterando e constituindo materiais únicos”. Sobre as respostas consideradas insatisfatórias para a mesma questão, tem-se como exemplo: “Pois ela mostra características diferentes do seu entorno e foi importante para a formação da cidade, além de ser um lugar muito bonito”. As demais respostas, principalmente sobre a importância de crateras de impacto na evolução da Terra foram irrelevantes para o assunto ou sequer respondidas, sendo que duas respostas foram adequadas (22%) tratando de

extinções em massa ou água. A totalidade das sugestões quando escritas, foi totalmente irrelevante para o caso.

Com relação ao vídeo, oito dos nove alunos souberam explicar adequadamente porque consideram o mesmo didático e válido no ensino de Geografia (88%).

7.3- GRUPO C – Alunos do curso de Licenciatura em Geografia da UEPG (6º semestre)

7.3.1- O primeiro questionário (antes da apresentação do vídeo – Anexo 2)

Dos vinte e dois alunos que se submeteram ao primeiro questionário, doze responderam que sabiam o que era uma cratera de impacto, mas apenas seis citaram o nome de uma cratera conhecida, ou 27% dos indivíduos sabiam o que era uma cratera de impacto. Apenas cinco indivíduos souberam explicar de maneira simplificada a importância de crateras de impacto na evolução da Terra mencionando extinções (dos dinossauros especificamente), e a formação da própria da Terra (22%).

Seis indivíduos responderam que crateras de impacto podem ser consideradas como patrimônio de maneira satisfatória, atentando para sua raridade e processo de formação (27%).

A conclusão com base nas respostas aferidas é que apenas seis indivíduos, do grupo de vinte e dois, sabiam do que se tratava uma cratera de impacto e esses indivíduos souberam explicar adequadamente a sua importância para evolução e como patrimônio cultural.

7.3.2- O segundo questionário (depois da apresentação do vídeo – Anexo 3)

Deste conjunto, vinte responderam que o vídeo foi importante (90%). Os dois alunos que não consideraram o vídeo importante não justificaram suas posições. Também nota-se na maioria das respostas o entendimento sobre o que é uma cratera de impacto. Na questão sobre o porquê de a cratera ser considerada um patrimônio, apenas nove alunos responderam satisfatoriamente à questão, lembrando a “raridade” do local ou de suas características geológicas (40%). As

demais respostas neste quesito novamente foram irrelevantes para o assunto. Com relação ao vídeo, dezoito dos vinte e dois alunos souberam explicar adequadamente porque consideram o mesmo didático e válido no ensino de Geografia (81%), sendo que dois deles (do grupo de vinte e dois) não justificaram sua afirmativa (9%).

Sobre a importância de crateras de impacto na evolução na Terra, seis respostas foram adequadas (27%). Aqui temos uma questão interessante: No primeiro questionário seis alunos responderam adequadamente as questões e, depois do vídeo, o número se repetiu. Neste caso não se pode afirmar qual foi o fator de desinteresse pelo assunto já que mais cinco alunos marcaram a questão (com “x” sobre o entendimento) mas não a desenvolveram.

7.4- GRUPO D – Alunos do curso de Licenciatura em Geografia da UEPG (4º semestre)

7.4.1- O primeiro questionário (antes da apresentação do vídeo – Anexo 2)

Dos vinte e dois alunos que se submeteram ao primeiro questionário, treze responderam que sabiam o que era uma cratera de impacto, mas apenas oito citaram o nome de uma cratera conhecida, ou 36% dos indivíduos sabiam o que era uma cratera de impacto. Apenas quatro indivíduos souberam explicar de maneira simplificada a importância de crateras de impacto na evolução da vida na Terra mencionando água, “panspermia” e a formação da própria da Terra (18%).

Quatro indivíduos responderam de maneira satisfatória que crateras de impacto podem ser consideradas como patrimônio, atentando para sua raridade e processo de formação (18%).

A conclusão com base nas respostas aferidas é que apenas quatro indivíduos sabiam do que se tratava uma cratera de impacto e esses souberam explicar adequadamente a importância para evolução e como patrimônio cultural.

7.4.2- O segundo questionário (depois da apresentação do vídeo – Anexo 3)

Deste conjunto, vinte e dois alunos responderam que o vídeo foi importante (100%). Neste caso também nota-se na maioria das respostas o entendimento sobre o que é uma cratera de impacto. Na questão sobre o porquê de a cratera ser

considerada um patrimônio, apenas oito alunos responderam satisfatoriamente à questão, lembrando principalmente suas características geológicas (36%). As demais respostas neste quesito foram fora do contexto. Com relação ao vídeo, todos os alunos souberam explicar adequadamente porque consideram o mesmo didático e válido no ensino de Geografia (100%).

Sobre a importância de crateras de impacto na evolução na Terra, cinco respostas foram adequadas (22%), as demais não foram respondidas ou foram respondidas de maneira não convincente.

7.5- GRUPO E – Alunos do curso de Licenciatura em Geografia da UEPG (2º semestre)

7.5.1- O primeiro questionário (antes da apresentação do vídeo – Anexo 2)

Dos trinta e três alunos que se submeteram ao primeiro questionário, vinte e três responderam que sabiam o que era uma cratera de impacto, mas apenas dois citaram o nome de uma cratera conhecida, ou 6% dos indivíduos conheciam o que era uma cratera de impacto.

Seis indivíduos souberam explicar de maneira simplificada a importância de crateras de impacto na evolução da vida na Terra mencionando água, extinções e a formação da própria da Terra (18%).

Estes mesmos seis indivíduos responderam que crateras de impacto podem ser consideradas como patrimônio de maneira satisfatória, atentando para sua raridade e processo de formação (18%).

A conclusão com base nas respostas aferidas é que apenas seis indivíduos sabiam do que se tratava uma cratera de impacto e esses souberam explicar adequadamente a sua importância para evolução e como patrimônio cultural.

Observação importante: três dos alunos comentaram que não tinham ideia do que tratava o assunto (9%).

7.5.2- O segundo questionário (depois da apresentação do vídeo – Anexo 3)

Do conjunto de alunos, trinta e um responderam que o vídeo foi importante (93%). Dois alunos disseram que o vídeo não era claro, porém, em suas respostas,

consideraram o vídeo “didático”. Uma incongruência de 6%. Também se notou na maioria das respostas o entendimento sobre o que é uma cratera de impacto. Na questão sobre o porquê da cratera ser considerada um patrimônio, doze alunos responderam satisfatoriamente a questão, lembrando principalmente suas características geológicas e sua raridade (36%). As demais respostas neste quesito foram irrelevantes para o assunto. Com relação ao vídeo, todos os alunos souberam explicar adequadamente porque consideram o mesmo didático e válido no ensino de Geografia (100%), em sua maioria, tecendo comentários sobre as imagens.

Sobre a importância de crateras de impacto sobre a evolução na Terra, doze respostas foram adequadas (36%).

Este grupo, fora o grupo dos professores, apresentou resultados mais claros, principalmente pelo conteúdo discursivo. Houve um maior interesse em escrever, demonstrando que o grupo não ficou apático ao tema. Houve um aumento sobre o entendimento do que é patrimônio, embora a escrita ainda seja imprecisa. Este fato preocupa, principalmente com relação ao ensino médio onde o tema “crateras de impacto” não é discutido. (Fato mencionado por alguns alunos em suas observações).

7.6- Avaliação geral

Dos noventa e sete indivíduos que se submeteram ao primeiro questionário, sessenta e um responderam que sabiam o que era uma cratera de impacto, mas apenas vinte e dois lembraram o nome de uma cratera conhecida (22%). Dezoito indivíduos souberam explicar de maneira simplificada a importância de crateras de impacto na evolução da Terra (18%).

Vinte e um indivíduos responderam que crateras de impacto podem ser consideradas como patrimônio de maneira satisfatória (21%).

A conclusão com base nas respostas aferidas é que apenas vinte e um indivíduos (21%) sabiam do que se tratava uma cratera de impacto e esses souberam explicar adequadamente a sua importância para evolução e como patrimônio cultural.

Do total de indivíduos que se submeteram ao segundo questionário, noventa e três responderam que o vídeo foi importante (93%). Na maioria das respostas houve um entendimento sobre o que é uma cratera de impacto. Na questão sobre o

porquê de a cratera ser considerada como um patrimônio, quarenta e quatro indivíduos responderam satisfatoriamente à questão (44%). A tabela 5 apresenta uma visualização dos ganhos, em percentuais por categoria, com a assistência do vídeo, no sentido de valorização patrimonial.

TABELA 5 – Ganho, com assistência do vídeo, para a valorização patrimonial.

Categoria	Descrição	Número de entrevistas	Percentual Antes da Apresentação do Vídeo	Percentual Após a Apresentação do Vídeo	Ganho de percepção
Professor	PDE	11	9%	100%	91%
Aluno	Bacharelado Geografia	09	0%	44%	44%
Aluno	Licenciatura Geografia 6º Semestre	22	27%	40%	13%
Aluno	Licenciatura Geografia 4º Semestre	22	18%	36%	18%
Aluno	Licenciatura Geografia 2º Semestre	33	18%	36%	18%

Fonte: O autor, 2017.

Ainda com relação ao vídeo, noventa e dois dos noventa e sete indivíduos souberam explicar adequadamente porque consideram o mesmo didático e válido no ensino de Geografia (92%).

Sobre a importância de crateras de impacto na evolução na Terra, apenas vinte e sete respostas foram adequadas (27%).

A interpretação geral dos resultados desta avaliação indica os seguintes pontos:

- 1) O assunto não pertencia ao cotidiano dos professores, mas os mesmos demonstraram interesse e até surpresa por existir uma cratera de impacto no Paraná. No caso dos alunos, o tema foi recebido com certa “apatia”, devendo-se a inúmeros fatores conjunturais (tema apresentado antes ou depois de prova, ou em intervalos de aulas). Mesmo neste caso houve certo ganho imediato com a informação apresentada;
- 2) A “apatia” entre alguns alunos foi bastante marcante, tendo descrições subjetivas fora do contexto como: “A queda do meteorito em Vista Alegre ocasionou a separação da América do Sul da África” ou “Foi criado gelo no

local de impacto”, temas que não são constituintes do vídeo. A questão da origem da Terra parece ter sido esquecida. Do ponto de vista do conhecimento do patrimônio, poucos fazem relação do mesmo com “pertencimento” e subvertem suas respostas ao simplismo do “porque é bonito...”, porém, ainda assim houve ganho neste aspecto também.

Apesar de respostas desconectadas entre os alunos, há de se considerar que os mesmos foram solicitados a fazer os questionários em ambiente formal, não se tratando de “escolha” dos mesmos.

O experimento não focou em seu público alvo primário (usuários da internet) e tampouco foi por livre escolha, o que pode ter prejudicado sua avaliação.

O público alvo para este vídeo é a população em geral que está interessada no assunto, especialmente as comunidades de Vista Alegre e Coronel Vivida. Talvez este seja o ponto de convergência educativo ao torna-lo público na internet (*youtube*).

A sua eficiência está diretamente associada ao interesse pelo tema, o que normalmente ocorre na busca proposital por vídeos na internet.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de um levantamento das informações científicas relacionadas ao geossítio *Cratera de Impacto de Vista Alegre*, esta análise propôs uma correlação com a educação não formal, com ênfase no alcance da comunidade local.

Há 115 milhões de anos um impacto de meteorito aconteceu na região que hoje constitui o território do município de Coronel Vivida. Este fenômeno natural deixou registros geológico-geomorfológicos que sofreram modificações ao longo destes últimos milênios. A análise envolveu a origem de asteroides e cometas, sua importância na história do planeta e, localmente, o contexto de evolução da cratera de impacto de Vista Alegre.

O corpo que causou o impacto foi um asteroide que provavelmente se originou no Cinturão de Asteroides, que se situa entre Marte e Júpiter. A simulação efetuada apontou que este corpo teria cerca de 500 metros de diâmetro e era constituído de rocha densa (3.000 kg/m^3) e atingiu o basalto que recobria a região a 20 km/s num ângulo de 80° . O impacto alcançou camadas de arenito subjacentes ao basalto formando algumas das feições ainda hoje preservadas – testemunhas deste evento.

O conjunto de feições geológico-geomorfológicas encontrado na atualidade em Vista Alegre permite ainda, interpretações de cunho paleoclimático e, em termos didáticos, permite analogias com paleoambientes e a evolução ao longo do tempo. O contexto do impacto pode ser analisado em conjunto com a paisagem pré-impacto e também com a evolução pós-impacto, tendo em vista a ação de processos intempéricos e antrópicos.

O geossítio é de grande importância científico-cultural para o Paraná, o que fez com que fosse reconhecido e tombado como relevante bem cultural do Estado. Entretanto, percebe-se que o potencial cultural e educativo da cratera de impacto ainda não está bem assimilado pela comunidade local, dado que pode ser constatado por inúmeras entrevistas com cidadãos da região em reportagens por veículos de informação como televisão, por exemplo, em que quase sua totalidade, os moradores do local fazem afirmações descontextualizadas sobre a cratera. Tampouco o assunto é inserido na educação formal do município, observando-se que a própria secretaria de educação de Coronel Vivida refere-se ao local como “buraco”.

A maior parte das referências bibliográficas sobre patrimônio e educação não formal indicou que a preservação do patrimônio cultural está diretamente relacionada ao grau de informação e sentimento de pertencimento que a comunidade local possui sobre este patrimônio. O desconhecimento é o principal fator que pode afetar ou destruir elementos do patrimônio cultural.

É preciso democratizar a informação por meio de ações de educação e difusão científica, possibilitando que esta população tenha acesso ao conhecimento de maneira simplificada e que seja assimilada a importância da história e evolução da cratera de impacto de Vista Alegre, bem como sua raridade.

Análises sobre Educação Não Formal e Educação Patrimonial foram apresentadas por apontar uma nova abordagem em relação a este geossítio. Mecanismos que potencializem a difusão pública do conteúdo geocientífico em Coronel Vivida podem levar à apropriação do conhecimento por parte da população, com desdobramentos positivos na geoconservação e preservação deste patrimônio estadual.

Existe certa urgência na difusão científica deste sítio geológico e em ações de educação patrimonial, já que o desconhecimento de certos elementos de sua raridade e de suas rochas tem levado o município a desconsiderar o seu valor, a exemplo do recobrimento com tinta nos pavimentos em torno do painel de Vista Alegre – possivelmente são as rochas mais raras do Paraná.

A conscientização, através da educação não formal enfatizando a educação patrimonial, objetiva ações de médio e longo prazo, como um plano de manejo, que pode ser necessário para preservar o geossítio e propor meios para uma manutenção mais adequada dos locais potencialmente turísticos (CASTRO et al., 2015). Tendo consciência do valor do patrimônio geológico, uma sociedade naturalmente preocupa-se com a geoconservação.

A estratégia de divulgação científica foi discutida e um vídeo documentário foi elaborado a partir dos dados levantados, para somar aos resultados dos painéis e folhetos já implantados (Anexos 4\5| e 6). Este vídeo foi disponibilizado na internet em plataforma pública em 4 de fevereiro de 2017 e representantes das secretarias de Educação e Turismo do município foram comunicados para que procedessem à divulgação interna (escolas e comunidade de Coronel Vivida). Autoridades municipais confirmaram que o vídeo despertou grande interesse e foi repassado a

todos os professores da rede pública de Coronel Vivida, por ocasião da Semana Pedagógica de 2017.

Este mecanismo também foi testado no âmbito da educação formal (Universidade Estadual de Ponta Grossa), onde ficou claro que a educação não formal não deve estar desvinculada da educação formal, como defendem todos os autores que discutem o tema. Os resultados da avaliação do vídeo entre agentes da educação formal apontaram uma interessante complementação de abordagens. No entanto é necessária a construção de bases mais sólidas para o entendimento geral dos eventos ocorridos no impacto meteorítico em Vista Alegre. A avaliação entre alunos universitários e professores da rede pública estadual apontou também que a disponibilização do vídeo na internet atua de maneira diferente na educação, já que o acesso ocorrerá sempre por livre-escolha. O Eventual desinteresse, ou mesmo apatia, detectado em parte do público avaliado, não deverá estar presente entre o público que acessará o vídeo pela internet pela própria natureza do acesso (livre escolha).

Os dados quantitativos e qualitativos (visualizações e comentários) a partir da plataforma do *youtube* são uma possibilidade na avaliação de eficiência na divulgação. Os primeiros três meses de disponibilização pública indicaram cerca de três mil visitas. Qualitativamente alguns visitantes deixaram comentários (somente positivos até este momento) e um dado importante é que entre eles há vários professores de geografia, habitantes locais e alunos de ciências ou geografia. Estes resultados indicam a validade desta estratégia de difusão de geociências e educação patrimonial para o geossítio de Coronel Vivida.

A exemplo do que acontece há décadas na Cratera do Meteoro no Arizona (EUA), pode-se esperar o desenvolvimento de um turismo específico de cunho escolar, cultural e científico para Coronel Vivida. Este tipo de turismo, já acontece de maneira incipiente fomentado pelos painéis e folhetos. As iniciativas da Mineropar visando o geoturismo, à época, foram também uma ação pioneira na educação não formal e patrimonial, que hoje é complementada pela existência e divulgação do vídeo.

Na medida em que este conteúdo passe a ser acessado por alunos e professores das escolas locais, a médio e longo prazo é possível que as relações da população com o geossítio se tornem mais “afetivas” e que se desenvolva um sentimento de pertencimento deste patrimônio cultural paranaense.

9. REFERÊNCIAS

AS PEGADAS FÓSSEIS DO INTERIOR PAULISTA – **Grande deserto de Botucatu, parte 1**. 2011. Disponível em: <<http://1.bp.blogspot.com/-Fyhip-l41n4/TV6danFXjol/AAAAAAAAAGIU/xN3CvkMla5o/s1600/pegadas-na-areia-dunas-584df.jpg>>. Acesso em 31 out. 2015.

BAGENAL, Fran; DOWLING, Timothy; MCKINNON, William. *Jupiter: The Planet, Satellites and magnetosphere*. Cambridge Planetary Science. 2006.

BAILEY, Jeremy. **The Inner Solar System Cataclysm, the Origin of Life, and the Return to the Moon**. Australian Centre for Astrobiology. Australia: Macquarie University, 2006.

BAUER, Martin W; GASKELL, George. **PESQUISA QUALITATIVA COM TEXTO, IMAGEM E SOM. Um manual pratico**. Vozes. 2002.

BIGARELLA, João José; MAZUCHOWSKI, Jorge Zbigniew. **Visão integrada da problemática da erosão**. Maringá: Livro guia do 3º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 1985.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. - **Características da investigação qualitativa**. In: *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto, Porto Editora, 1991.

BRANDÃO, Carlos Rodrigues. **O que é educação**. São Paulo: Brasiliense (Coleção Primeiros Passos), 1981.

BRILHA, José Bernardo Rodrigues. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Palimage, 2005.

CARNEIRO, Celso Dal Ré. **Viagem virtual ao Aquífero Guarani em Botucatu (SP): Formações Pirambóia e Botucatu, Bacia do Paraná**. Terra e Didática, P.50-73. 2007.<https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v3/pdf-v3/TD3-50_73.pdf>. Acesso em 3 Set 2015.

CARNEIRO, Celso Dal Ré; GONÇALVES, Pedro Wagner; LOPES, Osvaldo Rodrigues. **O Ciclo das Rochas na Natureza**. TERRÆ DIDÁTICA N. 5 p.50-62, 2009. Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v5/pdf-v5/TD_V-a5.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2015.

CASTRO, Aline Rocha de Souza Ferreira; MANSUR, Kátia Leite; CARVALHO, Ismarde Souza, **Diagnóstico da relação da comunidade com o patrimônio geológico por meio de instrumento de coleta de dados**. TERRÆ DIDÁTICA , p.162-172, 2015. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

CEPHA. **Conselho Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico**. Disponível em: <<http://www.cultura.pr.gov.br/modules/noticias/makepdf.php?storyid=196>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

CLARKE, A.C. **O mundo misterioso**. Francisco Alves, 1980.

CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. **Projecto de Conclusões do Conselho e dos Representantes dos Governos dos Estados-Membros Reunidos no Conselho sobre Princípios Comuns Europeus de Identificação e de Validação da Aprendizagem Não-formal e Informal**. 9600/04 EDUC 118 SOC 253, Bruxelas, 2004.

COLTRINARI, Lylian. **Global Quaternary Changes in South America**. Elsevier Science Publishers. Amsterdam. 1993.

CRÓSTA, Alvaro Penteado; FURUIE, Rafael de Aguiar; SCHRANK, Alfonso; VIEIRA, César Kazzuo. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. SIGEP 044. 2011. Astroblema de Vista Alegre, PR. Impacto meteorítico em derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, Bacia do Paraná. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio044/sitio044.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

CRÓSTA, Alvaro Penteado; JOURDAN, Fred; KOEBER, Christian. **Ar40/Ar39 Dating of the Vista Alegre Crater, Brazil**. 34th International Geological Congress. Brisbane, Austrália. 2012.

CRÓSTA, Alvaro Penteado; VASCONCELOS, M. A. R. **Update on the current knowledge of the Brazilian impact craters**, CD-ROM *44th Lunar and Planetary Science Conference*, Abstract #1318, The Woodlands, Texas. 2013.

CRÓSTA, Alvaro Penteado. História da Astronomia no Brasil - Volume I, Cap 3. p. 419-442. 2014.

CRÓSTA, Alvaro Penteado. **Pesquisadores do IG atestam que meteorito formou cratera no RS**. Jornal da Unicamp. No. 3. 2010.

CRÓSTA, Alvaro Penteado. **Geologia do Brasil**. p. 673-708. 2012.

CORONEL VIVIDA. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Coronel_Vivida>. Acesso em: 01 mai 2015.

DATUOPINION. **Opiniones de Lago de Lava**. 2015. Disponível em: <<http://www.datuopinion.com/lago-de-lava>>. Acesso em: 31 out. 2015.

DEBRIS FROM THE IMPACT ENVELOPED THE WORLD. Disponível em: <<http://www.bbc.com/earth/story/20160415-what-really-happened-when-the-dino-killer-asteroid-struck>>. Acesso 15 dez. 2015.

DÉCOUVERTE EN PATAGONIE (ARGENTINE) DES FOSSILES DU PLUS GRAND DINOSAURE : **LE TITANOSAURUS**. 2014. Disponível em: <<http://quilaztli.over-blog.com/2014/05/decouverte-en-patagonie-argentine-des-fossiles-du-plus-grand-dinosaure-le-titanosaurus.html>>. Acesso em: 27 out. 2015.

DOWN 2 EARTH - **Crater Impact**. Disponível em:

<<http://simulator.down2earth.eu/results.html?lang=English&dist=104&diam=600&trag=81&velo=19&pjd=3&tjd=2&wlv=0>>. Acesso em: 02 ago. 2015.

FALK, John H. **THE CONTRIBUTION OF FREE-CHOICE LEARNING TO PUBLIC UNDERSTANDING OF SCIENCE**. INTERCIENCIA. V. 27. N. 2. 2002.

FALK, John H. **Free-choice environmental learning: framing the discussion**. Environmental Education Research, P. 265-280. 2006. <<http://tclearninglounge.org/robert/design-informal-science-practicum-WI13/readings/FALK-Free-choice-environmental-learning.pdf>>. Acesso em 05 fev 2017.

FÁVERO, Osmar. **Educação não-formal: contextos, percursos e sujeitos**. Educação & Sociedade. V. 28 N. 99. Campinas Mai/Ago. 2007. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302007000200017>. Acesso em 04 fev 2017.

FERNANDEZ, Oscar Vicente Quinonez; TIZ, Greicy Jhenifer; JESUS, Kelly Ariane de Jesus; NACKE, Sonia Mary Manfroí. **Caracterização Morfométrica da Rede de Drenagem Associada à Cratera de Impacto de Vista Alegre, município de Coronel Vivida, Sudoeste do Paraná**. Revista Brasileira de Geografia Física. V. 06, N.02, P. 157-169. 2013.

GADOTTI, Moacir. **A QUESTÃO DA EDUCAÇÃO FORMAL/NÃO-FORMAL**. INSTITUT INTERNATIONAL DES DROITS DE L'ENFANT (IDE). Droit à l'éducation: solution à tous les problèmes ou problème sans solution? Sion (Suisse), 2005.

GARZIONE, Carmala. **Surface uplift of Tibet and Cenozoic global cooling**. Geological Society of America. 2008. Disponível em: <<http://geology.gsapubs.org/content/36/12/1003.short>>. Acesso em 23 dez. 2015.

GEOCULTURA.NET. Disponível em: <<http://www.geocultura.net/news/listagem-de-paineis/>>. Acesso em 10 de março de 2017.

GLEISER, Marcelo. **O fim da Terra e do céu: O Apocalipse na ciência e na religião**. Companhia das Letras, 2001.

GOHN, Maria da Glória. **Educação não-formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas**. Ensaio: aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, v.14, n.50, p. 27-38, jan./mar. 2006.

GOOGLE MAPS: Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@39.782174,-111.9932223,4z>>. Acesso em: 02 mar. 2015.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 652 p. 2008.

HAAF, Gunter. **A Origem da Humanidade**. A maravilhosa história da criação do Homem; Circulo do Livro, 1979.

HORTA, Maria de Lourdes Parreiras; GRUNBERG, Evelina; MONTEIRO, Adriane Queiroz. **Guia Básico de Educação Patrimonial**. Brasília: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional / Museu Imperial, 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=432350&search=rio-grande-do-sul|vista-alegre>>. Acesso em 10 fev. 2017.

IMPACTOS NO BRASIL. Disponível em: <<http://imirante.globo.com/sao-luis/noticias/2013/02/15/ma-tem-duas-crateras-formadas-por-meteoros-voce-sabia.shtml>>. Acesso em: 04 mai. 2015.

IMPACTEARTH. Disponível em: <<http://www.purdue.edu/impactearth>>. Acesso em: 11 ago 2015.

JORNAL DA UNICAMP. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/maio2004/ju250pag03.html>. Acesso em: 12 jan. 2015.

IPHAN. **O Patrimônio Natural do Brasil**. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. 2004

ITCG - INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. <<http://www.geo.pr.gov.br/ms4/itcg/geo.html#>>. Acesso em 30 ago 2015.

JOHNSTON, Robert. **Tsar Bomba nuclear test, 1961**. 2006. Disponível em: <<http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/tests/1961USSR-1.html>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

KINOSHITA, Ideo. Aplicabilidade do método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ em rochas policíclicas. São Paulo. 1976.

LICCARDO, Antonio; PIMENTEL, Carla Silvia. **Capítulo 01 - GEOCIÊNCIAS E EDUCAÇÃO NÃO FORMAL**. 2015.

<<file:///C:/Users/LG/Pictures/Downloads/Cap.%2001%20%E2%80%93%20Geoci%C3%A2ncias%20e%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20N%C3%A3o%20Formal.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2015.

LICHT, O.A.B. **A Evolução do Conhecimento sobre a Província Ígnea do Paraná – dos Primórdios Até 1950**. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 35 (2), 71-106, 2014.

LRO - LUNAR RECONNAISSANCE ORBITER. Disponível em: <http://www.nasa.gov/mission_pages/LRO/news/first-year.html>. Acesso em: 02 mar. 2015.

MAP OF WORLD: **early Cretaceous**. 2008. Disponível em: <<http://australianmuseum.net.au/image/map-of-world-early-cretaceous>>. Acesso em: 10 out. 2015.

MARANDINO, Martha; SILVEIRA, Rodrigo V. M.; CHELINI, Maria Julia; FERNANDES, Alessandra B.; RACHID, Viviane; MARTINS Luciana C.; LOURENÇO, Márcia F.; FERNANDES, José A.; FLORENTINO, Harlei A. **A EDUCAÇÃO NÃO FORMAL E A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: O QUE PENSA QUEM FAZ? IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**. Bauru. Novembro de 2003. <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL009.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2017.

MARQUES, L.S.; ERNESTO, M. **O magmatismo toleítico da Bacia do Paraná**. In: Mantesso Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Neves, B.B.B. (Eds.). *Geologia do continente sul-americano - evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Brasil: Beca, 2005. p.245-263.

METEOR CRATER. Disponível em: <<http://www.grandcanyonguru.com/national-parks-near-grand-canyon/meteor-crater>>. Acesso em 15 abr. 2017.

METEOR CRATER IMAGE. Disponível em: <http://www.meteorman.org/Meteor_Crater-sale.htm>. Acesso em: 02 mar. 2015.

MINEROPAR - **Serviço Geológico do Paraná**. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/3_Acoes_Mineropar/5_Geoconservacao_e_Geoturismo/paineis/Vista_Alegre.pdf> Acesso em: 12 set. 2014.

MOREIRA, Jasmine Cardozo. **PATRIMÔNIO GEOLÓGICO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: ATIVIDADES INTERPRETATIVAS, EDUCATIVAS E GEOTURÍSTICAS**. Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração de Utilização e Conservação dos Recursos Naturais, do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, Dezembro de 2008. <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Pesquisa%20em%20UCs/resultados%20de%20Pesquisa/19_07_Jasmine_Moreira.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2017.

NEW BLOW AGAINST DINOSAUR-KILLING ASTEROID THEORY, GEOLOGISTS FIND. ScienceDaily. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedaily.com/releases/2009/04/090427010803.htm>>. Acesso em: 30 out. 2015.

NEW MAP SHOWS FREQUENCY OF SMALL ASTEROID IMPACTS, PROVIDES CLUES ON LARGER ASTEROID POPULATION. Disponível em: <<http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=4380>>. Acesso em: 02 fev. 2015.

NOVAS, Fernando Emilio. **The Age of Dinosaurs in South America**. Indiana University Press. 2009.

PIRES, Etienne Fabbrin; SOMMER, Margot Guerra; SCHERER, Claiton Marlon dos Santos; SANTOS, Adriano Rodrigues; CARDOSO, Edivane. **Early Cretaceous coniferous woods from a paleoerg (Paraná Basin, Brazil)**. Journal of South American Earth Sciences. v. 32, p. 96-109. 2011.

RAYMO, M.E; RUDDIMAN, W.F. **Tectonic Forcing of Late Cenozoic Climate**. Nature, Vol. 359. 1992.

RENNE, Paul R.; ERNESTO, Marcia; PACCA, Igor G.; COE, Robert S.; GLEN, Jonathon M.; PRÉVOT, Michel; PERRIN Mireille. **The age of Paraná flood volcanism, rifting of Gondwanaland, and Jurassic-Cretaceous boundary**. Science. n. 258, p 975-979. 1992.

RIBAS, Cilton. **Caracterização da fertilidade atual dos solos da região de Guarapuava - PR**. Biblioteca UNICENTRO, Campus Guarapuava, 2010.

RODRIGUES, Deneusa Luzia; TAMANINI, Elizabete. **EDUCAÇÃO NÃO FORMAL E MOVIMENTOS SOCIAIS - PRÁTICAS EDUCATIVAS NOS ESPAÇOS NÃO ESCOLARES**. IX ANPED SUL. Seminário de Pesquisa em Educação na Região Sul. 2012. <http://www.portalanpedsul.com.br/admin/uploads/2012/Movimentos_Sociais,_sujeitos_e_processos_educativos/Trabalho/05_14_57_1178-6450-1-PB.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2017.

SAGAN, C. **Pálido Ponto Azul**: uma visão do futuro da humanidade no espaço. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SAGAN, C. **Os Dragões do Édem**. Random House. 1977.

SAGAN, C.; DRUYAN, A. **Cometa**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1986.

SANTOS, Raquel do Carmo. **Cratera de impacto descoberta por professor da Unicamp é transformada em sítio geológico**. Jornal da Unicamp, 2006. <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/dezembro2006/ju348pag5b.html> Acesso em: 10 set. 2014.

SPOHN, Tilman; BREUER, Doris; JOHNSON, Torrence. **Encyclopedia of the Solar System**. 3a. Edição. Elsevier. 2014.

SUGIMOTO, Luiz. **Cratera descoberta por docente do IG é tombada pelo patrimônio histórico**. Jornal da Unicamp, 2009. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/abril2009/ju426_pag05.php>. Acesso em: 10 set. 2014.

THE JUPITER COLLISION THAT LET NASA TO STUDY NEAR-EARTH OBJECTS. Disponível em: <http://www.slate.com/articles/video/video/2014/07/shoemaker_levy_9_comet_anniversary_the_jupiter_collision_that_led_nasa_to.html>. Acesso em: 01 mar. 2015. Modificado pelo autor.

THE TUNGUSKA IMPACT-100 YEAR LATER. Disponível em: <http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2008/30jun_tunguska/>. Acesso em: 01 mar. 2015.

VIEIRA, Sebastião da Silva; SABBATINI, Marcelo. **O uso de tecnologias digitais nas produções de documentários de divulgação científica em tempos de redes sociais e cibercultura**. Teccogs isbn: 1984-3585 n. 8, 166 p, jun. - dez. 2013.

WAICHEL, Breno Leitão. **Estruturação de derrames e interações lava-sedimento na porção central da província basáltica continental do Paraná**. UFRS. Instituto de Geociências. Porto Alegre. 2006.

WARD, Peter. D.; BROWNLEE, Donald. **Sós no universo? Por que a vida inteligente é improvável fora do planeta terra**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

WEINER, J. **Planeta Terra**. São Paulo: Martins Fontes, 1986.

YENNE, Bill. **The Atlas of the Solar System**. New York: Exeter Books New York, 1987.

ANEXOS

ANEXO 1: Roteiro do vídeo sobre a cratera de Vista Alegre.

Disponibilizado em https://www.youtube.com/watch?v=U_JW-M3ZR0c

- 1- Localização e caracterização do município de Coronel Vivida.
- 2- Localização e caracterização do distrito de Vista Alegre.
- 3- A cratera de Vista Alegre.
- 4- Descrição inicial da cratera e a formação da Terra.
- 5- Tabela do tempo geológico e provável localização no tempo da formação da cratera de Vista Alegre.
- 6- O deserto Botucatu.
- 7- Separação da América do Sul da África e vulcanismo no sul do Brasil.
- 8- O recobrimento de basalto do deserto e da área de Vista Alegre.
- 9- Possível existência de dinossauros na região sul do Brasil.
- 10- Existência de asteroides no Sistema Solar e descrição de suas orbitas.
- 11- Influência da gravidade na orbita de asteroides.
- 12- O impacto na área de Vista Alegre sobre os derrames de lava.
- 13- Evolução da cratera no tempo.
- 14- Pedreira que confirma o impacto meteorítico.
- 15- O uso indevido de matérias únicos derivados do impacto em Vista Alegre.
- 16- As mudanças da Paisagem de Vista Alegre no tempo.
- 17- A educação científica como meio para valorizar o passado como legado para futuras gerações.

ANEXO 2: (Ficha de avaliação aplicada antes da visualização do vídeo)**FICHA DE AVALIAÇÃO PARTE 1**

1) Você sabe o que é uma cratera de impacto?

() Sim () Não

2) Saberá citar alguma?

() Sim Qual ou onde? _____

() Não

3) Você saberia explicar a importância de crateras de impacto na evolução da vida na Terra?

4) Você acha que crateras de impacto podem ser consideradas um patrimônio?

() Sim. Explique () Não. Explique

ANEXO 3: (Ficha de avaliação aplicada após visualização do vídeo)**FICHA DE AVALIAÇÃO PARTE 2**

1) Você acha que o vídeo explica com clareza o que é uma cratera de impacto?

() Sim () Não

2) Por que a cratera foi considerada Patrimônio do Paraná?

3) Que aspecto do vídeo você achou mais interessante?

4) Você considera este vídeo um recurso didático válido no ensino de Geografia? Por que? () Sim () Não

5) Você saberia explicar a importância de crateras de impacto na evolução da Terra? () Sim () Não

6) Sugestões:

Geologia do Estado do Paraná



Mapa Geológico do Estado do Paraná

Sítio Geológico

O que são crateras de impacto?

As crateras de impacto são estruturas formadas quando um corpo celeste (meteorito, cometa ou asteroide) colide com a superfície de um corpo celeste. Essas crateras são encontradas em todos os corpos celestes, incluindo a Terra, a Lua, Marte, Vênus, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, Plutão e os anéis dos planetas gigantes.

As crateras de impacto são caracterizadas por sua forma circular ou subcircular, por sua borda bem definida e por sua superfície relativamente plana. Elas são encontradas em todos os tipos de superfícies, incluindo rochas, solos, gelo e água.

As crateras de impacto são importantes para a compreensão da história da Terra e dos outros corpos celestes. Elas fornecem informações sobre a frequência e a magnitude das colisões no Sistema Solar e ajudam a explicar a formação e a evolução dos planetas.

O que aconteceu quando há um impacto e com que frequência isto ocorre?

Quando um corpo celeste colide com a superfície de um corpo celeste, ocorre um impacto. Esse impacto gera uma onda de choque que se propaga em todas as direções. Essa onda de choque pode causar a formação de uma cratera, a fragmentação do corpo celeste e a liberação de uma grande quantidade de energia.

A frequência dos impactos varia muito dependendo do tamanho do corpo celeste e do tipo de superfície. Os impactos de grandes corpos celestes são raros, mas podem causar grandes mudanças no clima e na vida na Terra. Os impactos de pequenos corpos celestes são mais frequentes, mas geralmente não causam grandes danos.

Os impactos de corpos celestes são importantes para a compreensão da história da Terra e dos outros corpos celestes. Eles fornecem informações sobre a frequência e a magnitude das colisões no Sistema Solar e ajudam a explicar a formação e a evolução dos planetas.

A Cratera de Vista Alegre

A Cratera de Vista Alegre é uma cratera de impacto localizada no Estado do Paraná, Brasil. Ela tem um diâmetro de aproximadamente 10 km e uma profundidade de aproximadamente 1 km. A cratera foi formada há cerca de 250 milhões de anos.

A Cratera de Vista Alegre é uma das maiores crateras de impacto conhecidas no Brasil. Ela é considerada um sítio geológico importante e é protegida por uma lei estadual.

A Cratera de Vista Alegre é um importante patrimônio geológico do Estado do Paraná. Ela é um testemunho da história da Terra e dos outros corpos celestes e ajuda a explicar a formação e a evolução dos planetas.

Como e quando ocorreu este impacto?

A Cratera de Vista Alegre foi formada por um impacto de um corpo celeste. Esse impacto ocorreu há cerca de 250 milhões de anos. O corpo celeste que causou o impacto tinha um diâmetro de aproximadamente 10 km.

O impacto ocorreu em uma região de terra firme. Isso significa que a cratera não foi formada em uma área de água ou gelo. Isso é importante porque as crateras de impacto em áreas de água ou gelo são muito diferentes das crateras de impacto em áreas de terra firme.

A Cratera de Vista Alegre é uma das poucas crateras de impacto conhecidas no Brasil que foram formadas em uma área de terra firme. Isso a torna um sítio geológico muito importante.

O que aconteceu com as rochas que existiam no local?

Quando ocorreu o impacto que formou a Cratera de Vista Alegre, as rochas que existiam no local foram afetadas. Elas foram fragmentadas e suas estruturas foram alteradas.

As rochas que foram afetadas pelo impacto são conhecidas como rochas de impacto. Elas são caracterizadas por sua forma fragmentada e por sua estrutura alterada.

As rochas de impacto são importantes para a compreensão da história da Terra e dos outros corpos celestes. Elas fornecem informações sobre a frequência e a magnitude das colisões no Sistema Solar e ajudam a explicar a formação e a evolução dos planetas.

Localização das crateras no Brasil e no mundo

Existem várias crateras de impacto conhecidas no Brasil e no mundo. No Brasil, as principais crateras de impacto conhecidas são a Cratera de Vista Alegre, a Cratera de São Carlos e a Cratera de Lontras.

No mundo, existem muitas outras crateras de impacto conhecidas, incluindo a Cratera de Chicxulub, a Cratera de Barringer e a Cratera de Vredefort.

As crateras de impacto são importantes para a compreensão da história da Terra e dos outros corpos celestes. Elas fornecem informações sobre a frequência e a magnitude das colisões no Sistema Solar e ajudam a explicar a formação e a evolução dos planetas.

Como surgiu a ideia de que a Cratera de Vista Alegre foi formada por um impacto?

A ideia de que a Cratera de Vista Alegre foi formada por um impacto surgiu a partir de observações feitas por geólogos e geofísicos. Eles perceberam que a cratera tinha uma forma circular e uma borda bem definida, características típicas de crateras de impacto.

Além disso, eles descobriram que a cratera tinha uma estrutura interna muito peculiar, com uma borda interna muito alta e uma borda externa muito baixa. Isso também é uma característica típica de crateras de impacto.

Com base nessas observações, os geólogos e geofísicos concluíram que a Cratera de Vista Alegre foi formada por um impacto de um corpo celeste.

Qual a importância da Cratera de Vista Alegre para a ciência?

A Cratera de Vista Alegre é muito importante para a ciência porque ela é uma das poucas crateras de impacto conhecidas no Brasil que foram formadas em uma área de terra firme. Isso a torna um sítio geológico muito importante.

Além disso, a Cratera de Vista Alegre é uma das maiores crateras de impacto conhecidas no Brasil. Isso também a torna um sítio geológico muito importante.

A Cratera de Vista Alegre é um importante patrimônio geológico do Estado do Paraná. Ela é um testemunho da história da Terra e dos outros corpos celestes e ajuda a explicar a formação e a evolução dos planetas.

Como e quando ocorreu este impacto?

A Cratera de Vista Alegre foi formada por um impacto de um corpo celeste. Esse impacto ocorreu há cerca de 250 milhões de anos. O corpo celeste que causou o impacto tinha um diâmetro de aproximadamente 10 km.

O impacto ocorreu em uma região de terra firme. Isso significa que a cratera não foi formada em uma área de água ou gelo. Isso é importante porque as crateras de impacto em áreas de água ou gelo são muito diferentes das crateras de impacto em áreas de terra firme.

A Cratera de Vista Alegre é uma das poucas crateras de impacto conhecidas no Brasil que foram formadas em uma área de terra firme. Isso a torna um sítio geológico muito importante.

O que aconteceu com as rochas que existiam no local?

Quando ocorreu o impacto que formou a Cratera de Vista Alegre, as rochas que existiam no local foram afetadas. Elas foram fragmentadas e suas estruturas foram alteradas.

As rochas que foram afetadas pelo impacto são conhecidas como rochas de impacto. Elas são caracterizadas por sua forma fragmentada e por sua estrutura alterada.

As rochas de impacto são importantes para a compreensão da história da Terra e dos outros corpos celestes. Elas fornecem informações sobre a frequência e a magnitude das colisões no Sistema Solar e ajudam a explicar a formação e a evolução dos planetas.

Como e quando ocorreu este impacto?

A Cratera de Vista Alegre foi formada por um impacto de um corpo celeste. Esse impacto ocorreu há cerca de 250 milhões de anos. O corpo celeste que causou o impacto tinha um diâmetro de aproximadamente 10 km.

O impacto ocorreu em uma região de terra firme. Isso significa que a cratera não foi formada em uma área de água ou gelo. Isso é importante porque as crateras de impacto em áreas de água ou gelo são muito diferentes das crateras de impacto em áreas de terra firme.

A Cratera de Vista Alegre é uma das poucas crateras de impacto conhecidas no Brasil que foram formadas em uma área de terra firme. Isso a torna um sítio geológico muito importante.

ANEXO 5 – Primeira parte do folheto da Mineropar impresso sobre Vista Alegre.

O que acontece quando há um impacto e com que frequência isto ocorre?

Os impactos de grandes magnitudes, geradores de grandes crateras, liberam quantidades enormes de energia e seus efeitos podem ser extremamente danosos à superfície do planeta e aos seres vivos que nele habitam. Uma das crateras mais jovens conhecidas na Terra, a Cratera do Meteorito no estado do Arizona, Estados Unidos, formou-se há cerca de 50 mil anos. Ela tem um diâmetro de 1.200 metros com uma profundidade de 190 metros e se encontra muito bem preservada. A quantidade de energia liberada pelo impacto que formou esta cratera foi da ordem de 2.000 bombas semelhantes à que destruiu a cidade japonesa de Hiroshima na 2ª Guerra Mundial.

Crateras muito maiores do que a do Arizona foram formadas ao longo das últimas centenas de milhares de anos da história da Terra. Uma das maiores encontra-se no Golfo do México. Sua formação, há cerca de 65 milhões de anos, pode ter sido responsável pela extinção dos dinossauros e de muitas outras formas de vida então existentes. Trata-se da cratera de Chicxulub, localizada no Golfo do México, próxima à Península de Yucatán no México, com 170 km de diâmetro.

Para benefício dos seres vivos, estes fenômenos são muito pouco frequentes e a possibilidade de que nossa civilização venha a testemunhar um fenômeno de impacto



A Cratera de Meteorito, Arizona, EUA.



Brasil



Cratera de Vista Alegre



Vista da Cratera de Vista Alegre.

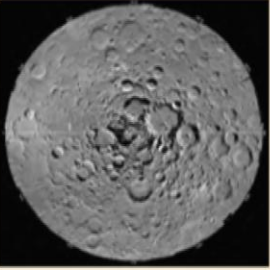
Sítio Geológico

A cratera de impacto de Vista Alegre

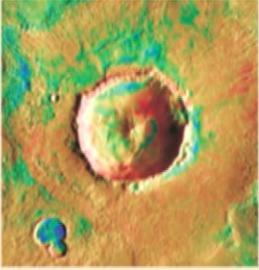
O que são crateras de impacto?

As crateras de impacto são estruturas formadas quando um corpo celeste (como a Terra ou a Lua) é atingido por outro de menores dimensões. Esses corpos são meteoritos, asteroides ou cometas, que viajam pelo espaço celeste. Meteoritos e asteroides são fragmentos rochosos, enquanto os cometas são uma mistura de fragmentos de rochas, poeira e gelo.

As marcas deixadas por essas colisões são as crateras de impacto. Contudo, não se vêem muitas crateras na Terra. O motivo é que, com o decorrer do tempo geológico, os fenômenos de erosão, sedimentação e movimentos de placas tectônicas tendem a apagar as marcas deixadas pelos impactos em nosso planeta. Já em outros corpos celestes, como a Lua ou Marte, isto não ocorre.



Vista do pólo norte da Lua, com suas múltiplas crateras.



A Cratera Barringer, em Marte.



Mineropar
GOVERNO DO PARANÁ

IG
CUBERA
M
SEMA

ANEXO 6 – Segunda parte do folheto da Mineropar sobre Vista Alegre.

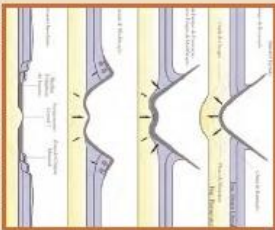
A Cratera de Vista Alegre



O bairro de Vista Alegre, no município de Coronel Vivida, está localizado no interior de uma depressão circular que representa o remanescente de uma cratera de impacto formada há milhões de anos. A ação da erosão ao longo do tempo geológico resultou nas formas de relevo que representam atualmente a cratera. Quando vista em imagens obtidas por satélites, a topografia da região indica uma depressão nitidamente circular, com um diâmetro aproximado de 9,5 quilômetros, circundada por serras. Essas serras correspondem às bordas da cratera, sendo que o desnível topográfico entre esta borda e as partes internas da cratera, que representam o seu assolho, é superior a 100 metros.

Como e quando ocorreu este impacto?

A idade precisa em que ocorreu o impacto que formou a cratera de Vista Alegre ainda não foi determinada. Sabe-se, contudo, que, quando o corpo celeste se chocou contra a Terra, as rochas que existiam na superfície desta região eram os basaltos do período Cretáceo, pertencentes à unidade geológica denominada Formação Serra Geral. Estas são rochas vulcânicas de cor cinza escura, popularmente conhecidas como "pedra-forno", originadas quando o continente sul-americano inundava o processo de separação do continente africano. Pode-se deduzir, então, que o impacto foi posterior à consolidação destas lavas, cujas idades são em torno de 128 milhões de anos.



Método tridimensional do relevo topográfico da cratera de Vista Alegre em imagem obtida pelo Orbis espacial Endeavour, da NASA. As cores verde-limão correspondem às partes mais altas da cratera, enquanto as cores azul e amarelo representam as partes mais baixas, apresentadas em azul.



Imagem do satélite Landsat combinada com o modelo tridimensional da cratera, mostrando a cratera de Vista Alegre.

Que modificações o impacto causou?

Em geral, asteroides viajam no espaço a velocidades muito elevadas, entre 4.000 a 36.000 km/h. Por esse motivo, a energia liberada em decorrência de um impacto é igualmente muito alta. Estimase que, para formar a cratera de Vista Alegre, a energia liberada pelo impacto tenha sido equivalente a mais de 350 mil bombas igual à que destruiu a cidade de Hiroshima. As rochas basálticas existentes neste local foram profundamente deformadas em decorrência da liberação de toda esta energia.

Outro efeito foi a elevação do fundo da cratera escavada pelo impacto, de modo semelhante ao que ocorre imediatamente após a queda de uma pedra sobre a água. Em Vista Alegre esse fenômeno provocou a ascensão de camadas dos arenitos da Formação Botucatu, situados a várias centenas de metros de profundidade. Fragmentos desses arenitos, de cor esbranquiçada, podem ser ocasionalmente encontrados em alguns locais dentro da cratera.

O que aconteceu com as rochas que existiam no local?

Tanto as rochas que existiam no local do impacto, como também o corpo celeste que provocou a colisão, foram profundamente transformados em decorrência do impacto. Eles foram instantaneamente fragmentados, pulverizados e fundidos, formando uma nuvem de detritos que foi arremessada para o alto. A maior parte da nuvem de detritos se espalhou por uma grande região em torno da cratera e uma parte menor se depositou em seu fundo. Esses depósitos formam um novo tipo de rocha chamada de "brecha de impacto", constituída por fragmentos e poeira das rochas que existiam no local (basaltos e arenitos), muitas vezes deformados e fundidos.

Uma parte dessas brechas foi preservada da erosão e pode ser vista até os dias atuais, como na pequena pedreira localizada próxima à entrada do bairro de Vista Alegre. São estas brechas as principais fontes de informação que permitiram aos geólogos determinar a origem da cratera de Vista Alegre e estudá-la como ela se formou.

Localização Das Crateras No Brasil e no mundo

Até hoje, 173 crateras foram descobertas em toda a Terra. No Brasil há apenas 5 crateras conhecidas. A cratera de Vista Alegre foi descoberta em 2004 por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), juntamente com as crateras do Domo de Araçuaia (MG), Riacho (MA), Serra da Cangalha (TO) e Domo de Vergho (SC). Esta última localiza-se a apenas 100 km de Vista Alegre, sugerindo a possibilidade de serem "crateras gêmeas". Crateras deste tipo se formam quando um mesmo asteroide ou cometa se rompe em dois corpos menores ao entrar na atmosfera da Terra.




Mapa da ocorrência e distribuição das crateras de impacto comprovadas em território brasileiro.

Mapa da ocorrência e distribuição das crateras de impacto comprovadas em território mundial.



Recha denominada "pedra-palmita de impacto", formada pela fragmentação das rochas basálticas e arenitos pré-existentes no local em decorrência do impacto.



Cone de estilhaçamento ("shatter cones") formados em fragmentos arenitos em meio à brecha palmita. Os cones resultam da fragmentação das rochas basálticas e arenitos pré-existentes no local em decorrência do impacto.

Fonte: Mineropar