

**GEOPHYSICAL STUDY OF FOUR POSSIBLE IMPACT STRUCTURES LOCALIZED IN
THE PARNAÍBA BASIN AND GEOLOGICAL / GEOPHYSICAL DETAIL OF THE
SERRA DA CANGALHA STRUCTURE / TO****ESTUDO GEOFÍSICO DE QUATRO PROVÁVEIS ESTRUTURAS DE IMPACTO
LOCALIZADAS NA BACIA DO PARNAÍBA E DETALHAMENTO GEOLÓGICO /
GEOFÍSICO DA ESTRUTURA DE SERRA DA CANGALHA / TO****Marcos Alberto Rodrigues Vasconcelos**

Advisor: Dr. Alvaro Penteado Crósta (Unicamp)

324 p. – Doctorate Thesis – April 3, 2012

ABSTRACT. The sedimentary Parnaíba basin encompasses in its domains several circular structures, some of which have their origin attributed to meteoritic impacts without, however, diagnostic evidence. This thesis presents a study of the geophysical signatures of the São Miguel do Tapuio (SMT), Santa Marta (SM), Riachão (Ria) and Serra da Cangalha (SdC) structures using low-resolution geophysical data, in order to compare them with other similar meteorite impact structures. It also employs high-resolution aerogeophysical and ground geophysical data for the SdC and Ria structures, and detailed geological data from SdC. These are two circular features ~13 km (SdC) and ~4 km (Ria) in diameter, and which are located in the state of Tocantins and Maranhão, respectively. The results provided by geophysical methods show that SMT exhibits a high gravity and variable magnetic signature, which are not compatible with the patterns of similar sized impact structures; SM has a negative magnetic anomaly and positive gravity anomaly, which is compatible with other impact structures; Ria exhibits high magnetic and gravity in the central region, and a circular gamma-ray anomaly with high levels of K, Th and U in the center. Despite the fact that the gravity signature of Ria is not clearly comparable with that of other impact craters, the magnetic signature is similar to that of other craters. SdC shows a gravity anomaly of ~1 mGal and there is magnetic evidence that the basement rocks sit at ~1.9 km depth, decreasing to about 500 to 1000 meters depth in the central region of the structure. Gamma-ray data show high values of K, Th and U over the central uplift and high Th and U in the region near the outermost limit of the crater. Morpho-structural analysis indicates that SdC contains a central uplift ~ 5.8 km in diameter with a prominent collar ~ 3 km wide in its inner zone. Structural data associated with remote sensing images show WNW-ESE as the main direction of deformation as well as overturned layers preferentially concentrated in the northwestern sector of the collar, which suggest an oblique impact from south to north. Shock deformation features include shatter cones, feather features (FF), planar fractures (PF), and planar deformation features (PDF) formed along (0001), indicating the shock pressure experienced by the rocks of the central uplift to have been <10 GPa. These features have been found in polymict breccias and shatter coned samples from the central depression and provide definite evidence that SdC was formed by meteorite impact. Finally, numerical modeling indicates that a meteorite some 1.4 km in diameter and impacting at a velocity of 12 km/s could have formed the originally ~15 km diameter crater, releasing energy of 2.74×10^{20} J, assuming a current erosion level of approximately 500 meters.

RESUMO. A Bacia sedimentar do Parnaíba abriga em seus domínios diversas estruturas circulares, das quais algumas têm sua origem atribuída a impactos meteoríticos sem que, no entanto, haja evidências comprobatórias. Esta tese aborda um estudo das assinaturas geofísicas das estruturas de São Miguel do Tapuio (SMT), Santa Marta (SM), Riachão (Ria) e Serra da Cangalha (SdC) utilizando dados aerogeofísicos de baixa resolução com o intuito de compará-las com outras crateras meteoríticas similares. Aborda também estudos geofísicos, utilizando dados aéreos de alta resolução e terrestres das estruturas de SdC e Ria, além de estudos geológicos de detalhe da estrutura de SdC, duas feições circulares com diâmetros de ~13 km (SdC) e ~4 km (Ria) localizadas nos estados de Tocantins e Maranhão, respectivamente. Os resultados fornecidos pelos métodos geofísicos mostram que a estrutura de SMT exibe alto magnético e assinatura gravimétrica variável, características estas não compatíveis com o padrão de estruturas de impacto similares; SM apresenta anomalia magnética negativa e gravimétrica positiva, características compatíveis com origem por impacto; Ria exibe altos magnético e gravimétrico na região central, e anomalia gamaespectrométrica circular com abundância de K, Th e U em sua porção central. Apesar da assinatura gravimétrica de Ria não ser claramente diagnóstica, a assinatura magnética é semelhante às de crateras de impacto similares. A estrutura de SdC apresenta anomalia gravimétrica da ordem de 1 mGal e dados aeromagnéticos mostram que o embasamento está a uma profundidade média de ~1,9 km, diminuindo para cerca de 500 a 1000 metros em sua porção central. Dados gamaespectrométricos revelam altos valores de K, Th e U no núcleo soerguido

e alto Th e U na região externa próximo ao limite da cratera. Do ponto de vista morfo-estrutural SdC é constituída por núcleo soerguido que tem ~5,8 km de diâmetro e que possui em seu interior proeminente colar com ~3 km de diâmetro. Dados estruturais de campo, associados com análises de imagens de sensoriamento remoto, revelam WNW-ESE como a principal direção de deformação além de camadas invertidas preferencialmente concentradas no setor noroeste do colar, o que sugere um impacto oblíquo de sul para norte. Feições de deformação por choque incluem *shatter cones*, *feather features* (FF), *planar fractures* (PF) e *planar deformation features* (PDF) formadas ao longo da direção (0001), indicando pressão de choque <10 GPa. Esse conjunto de feições foi encontrado principalmente nas brechas polimícticas e *shatter cones* da depressão central e comprova a origem por impacto meteorítico da estrutura de SdC. Finalmente, resultados obtidos pela modelagem numérica da formação de SdC indicam que ela foi formada por um bólido com diâmetro de 1,4 km, viajando a 12 km/s, resultando na formação de uma cratera com ~15 km de diâmetro que liberou energia da ordem de $2,74 \times 10^{20}$ J, considerando um nível atual de erosão de aproximadamente 500 metros.