

# Medindo as Dimensões de Crateras Lunares

Raquel Yumi Shida, Sergio Scarano Jr.

## 1. INTRODUÇÃO

### O que aprenderemos nesta atividade?

Nesta atividade, direcionada ao ensino fundamental, vamos aprender um pouco a respeito da superfície lunar. Vamos também observar algumas partes da Lua através do telescópio e aprender a calcular o tamanho real de algumas crateras.



### Introdução: A Lua

A palavra "Lua" é originária de "Luna", criada pelos antigos romanos. Os gregos chamavam esse mesmo corpo celeste de "Selene", o que deu origem a termos como "selenografia".

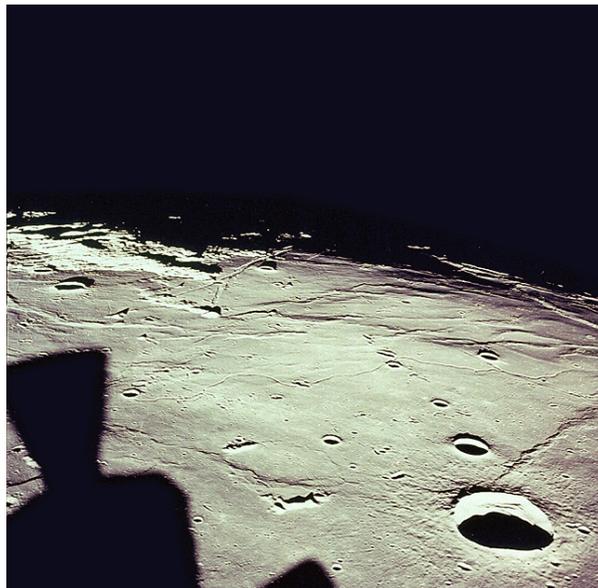
Antes mesmo da invenção do nome "Lua" os homens já tinham tomado conhecimento de alguns fenômenos lunares. Eles notaram que a forma da Lua passava por vários estágios que se repetiam em intervalos regulares, de 29 ou 30 dias. Assim teve origem a contagem dos meses, e eis o motivo deles terem em média 30 dias (observações mais precisas feitas posteriormente mostraram que a repetição de ciclo de fases lunares ocorre a cada 29,530589 dias, e essa repetição foi chamada de "mês sinódico").

Os homens antigos não dispunham de nenhum instrumento óptico além dos próprios olhos para ver o céu. A olho nu, eles observavam as manchas cinzentas na superfície lunar e especulavam a seu respeito. Na Guatemala e no México, elas representavam um coelho ou um cachorro. No Peru, uma raposa ou um rosto humano. A tradição inca diz que as manchas lunares são feitas de poeira que o Sol teria por ciúme jogado na face da Lua, para escurecê-la, por julgá-la mais brilhante que ele próprio. Os europeus também atribuíam formas humanas às manchas lunares, e já os povos da Ásia central enxergavam cachorros, lobos, lebres ou ursos.

Com o início da utilização dos telescópios no século XVII, todas essas figuras animais deixaram de existir. A superfície da Lua começou a revelar formas muito parecidas com as da Terra: havia montanhas, vales, baías, crateras. Como teriam sido formados aqueles acidentes? Haveria atividades sísmicas, água, vida na Lua? Como teria nascido a Lua?

Há basicamente duas teorias para explicar a origem da Lua. A primeira diz que a Lua foi formada a partir da agregação de partículas da nuvem primordial que compunha o Sistema Solar. A segunda, mais aceita pelos cientistas, diz que a Lua já foi um pedaço da Terra no passado: na época em que a crosta terrestre ainda estava se formando há 4,5 bilhões de anos, houve a colisão de um objeto desconhecido de massa muito alta, gerando estilhaços que se agregaram e deram origem à Lua.

Nas próximas seções vamos estudar um pouco mais sobre os acidentes lunares.



Noroeste de Mare Tranquilitatis  
(foto feita pela Apollo 11)

## Selenografia e Nomenclatura

Termos comumente utilizados:

Cratera: Depressão circular

Catena (pl. Catenae): Cadeia de crateras

Fossa: Longa, estreita e rasa depressão

Lacus: Pequena planície

Limbo : bordas do disco lunar

Mare (pl. Maria): Grande planície

Monte: Monte ou montanha

Oceanus: Extensa área escura

Palus: "brejo", na verdade uma pequena planície

Planitia: Planície baixa

Promontorium (pl. promontoria): Cabo

Rima: Fissura

Rupes: Escarpa

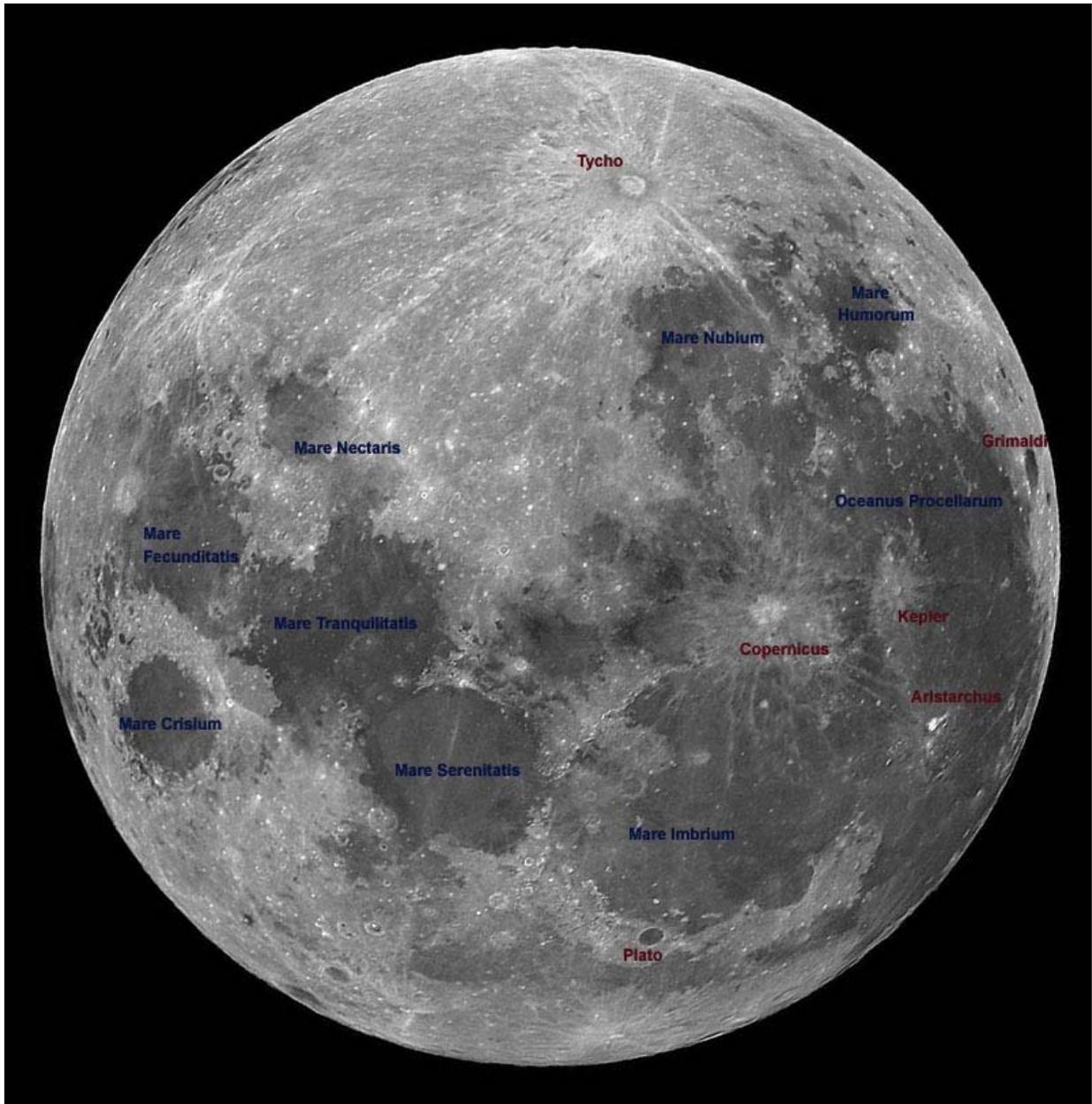
Sinus: Pequena planície que forma uma baía

Terminadouro: linha que divide a parte iluminada e a parte escura da Lua durante as fases crescente e minguante

Vallis: Vale

Os "mares" possuem nomes em latim que foram atribuídos por astrônomos há cerca de 4 séculos. Muitas cadeias de montanhas lunares foram nomeadas tendo como referência acidentes geográficos. As crateras lunares possuem nomes de importantes astrônomos, cientistas e exploradores. A seguir temos uma tabela com a localização de algumas crateras e uma foto com indicações de alguns acidentes selenográficos (fonte: USGS - United States Geological Survey):

<b>Cratera</b>	<b>Latitude Lunar</b>	<b>Longitude Lunar</b>
Agrippa	4,1°N	10,5°E
Archimedes	29,7°N	4,0°W
Aristarchus	23,7°N	47,4°W
Autolycus	30,7°N	1,5°E
Copernicus	9,7°N	20,1°W
Eratosthenes	14,5°N	11,3°W
Gassendi	17,6°S	40,1°W
Grimaldi	5,5°S	68,3°W
Hipparchus	5,1°S	5,2°E
Kepler	8,1°N	38,0°W
Plato	51,6°N	9,4°W
Ptolomaeus	9,3°S	1,9°W
Santos-Dumont	27,7°N	4,8°E
Triesnecker	4,2°N	3,6°E
Tycho	43,4°S	11,1°W



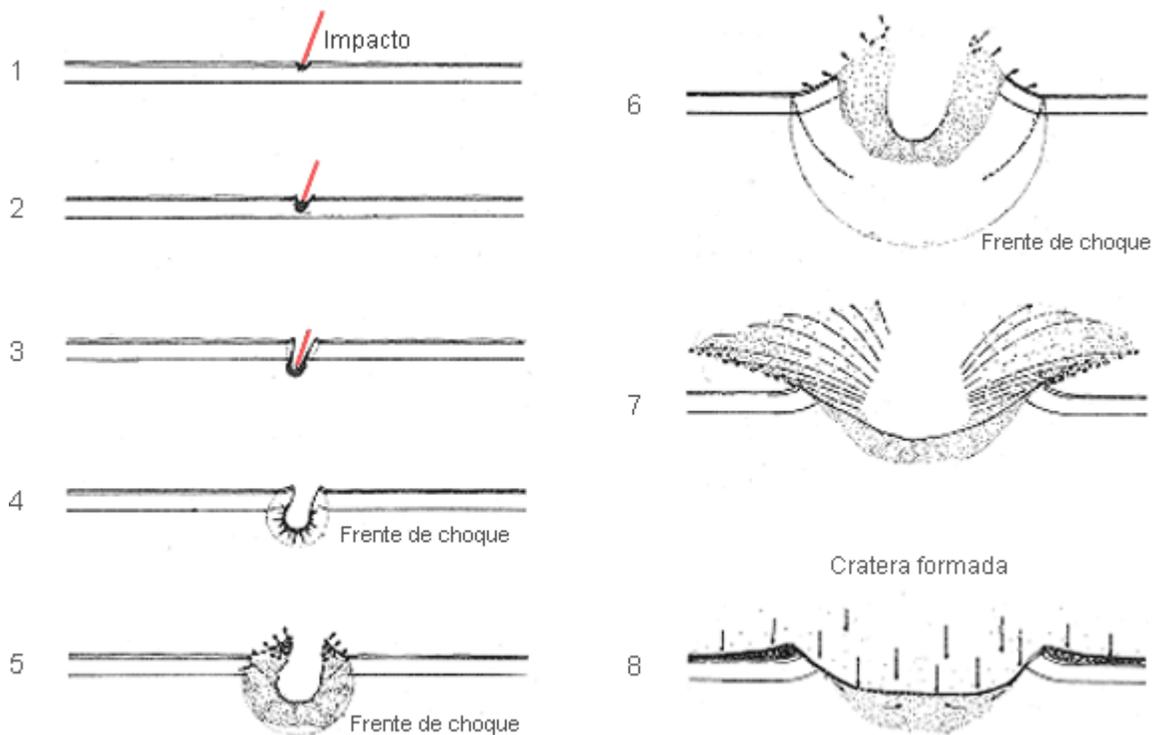
Assim como na Terra, a localização de regiões lunares é feita através de latitudes e longitudes, medidas em graus. Nesta imagem, o Sul (lunar) está para cima, o Norte embaixo, o Leste na direita e o Oeste na esquerda)

### As crateras de impacto

Até o início do século XX ainda não se sabia se as crateras lunares foram formadas através de antigas atividades vulcânicas ou através do impacto de meteoróides. Os defensores da teoria vulcânica diziam que o impacto de meteoróides deveria produzir um número muito maior de crateras ovais ao invés de circulares, pois esses meteoróides deveriam atingir o solo lunar em diversos ângulos e velocidades. Um geólogo chamado Grove Gilbert apresentou uma idéia que mostrava como era possível a formação de um grande número de crateras de

impacto circulares. Ele sugeriu que muitas delas foram causadas por pequenos corpos celestes que também orbitavam a Terra, tendo baixas velocidades em relação à Lua e portanto podendo atingir sua superfície quase que verticalmente.

Depois da Primeira Guerra Mundial, após a detonação de várias bombas, os cientistas notaram que crateras são formadas através de ondas de choque provenientes do impacto ou de uma explosão, e que impactos não verticais também podem gerar crateras circulares. Cálculos mostraram que a onda de choque produzida após a colisão de um meteoróide de 1km na Lua, a uma velocidade de 30km/s poderia produzir uma cratera com 100km de diâmetro! Para ter uma noção de escala, localize na foto da Lua acima a cratera Copernicus. Ela tem aproximadamente 96km de diâmetro.



Esquema de formação de uma cratera de impacto (adaptado de um esquema feito pelo geólogo e astrônomo Gene Shoemaker)

Ouve-se muito sobre as crateras lunares, mas pouco sobre as crateras terrestres. Na Terra também há impacto de meteoros e formação de crateras. Atualmente, mais de 150 delas foram registradas pelo USGS.

No Brasil, 5 delas são conhecidas:

- Riachão: formada há 200 milhões de anos, possui 4,5 km de diâmetro e localiza-se a  $7^{\circ} 43' S$  e  $46^{\circ} 39' W$
- Uma sem nome que fica na Serra da Cangalha, com 12km de diâmetro, foi formada pouco menos de 300 milhões de anos atrás, cujas coordenadas são  $8^{\circ} 5' S$  e  $46^{\circ} 52' W$
- Vargeão: também com 12 km de diâmetro, suas coordenadas são  $26^{\circ} 50' S$  e  $52^{\circ} 7' W$ . Foi formada há pouco menos de 70 milhões de anos;
- Cratera da Colônia: Fica em Parelheiros, SP, atualmente está coberta;

- Araguainha: 40km de diâmetro, sua latitude é  $16^{\circ} 47' S$  e sua longitude é  $52^{\circ} 59' W$ . Foi formada há 245 milhões anos.



Foto da cratera Barringer, no deserto do Arizona (Estados Unidos). Ela possui diâmetro de pouco mais de 1km e foi formada há 49 mil anos

## 2. ERROS E CURIOSIDADES SOBRE A LUA

### - Vemos a Lua só durante a noite

Errado! A Lua em sua fase crescente e minguante é visível durante o dia também. Já a Lua na fase cheia e nova não são visíveis durante o dia, pense e discuta a respeito.

### - A Lua é maior quando está próxima do horizonte

A Lua NÃO é maior quando está mais próxima do horizonte, o que causa esta ilusão de óptica é a comparação que fazemos mentalmente quando há prédios e árvores distantes que usamos como referência. Faça uma experiência. Meça o diâmetro da Lua quando ela estiver próxima ao horizonte e num outro horário quando ela estiver numa altura maior no céu. Como referência para medição, estique o braço e use um dos dedos de sua mão.

### - A Lua Azul

De vez em quando vemos um anúncio no jornal ou na televisão sobre a "Lua Azul". Afinal, o que é a Lua Azul?? Um ciclo lunar tem 29,5 dias, portanto é perfeitamente possível que a Lua esteja na fase cheia 2 vezes num mesmo mês. A essa segunda Lua cheia num mesmo mês foi atribuído o nome de "Lua Azul", não tendo relação direta com a cor da Lua. A origem deste nome remonta ao século XVI. Algumas pessoas, observando a Lua a olho nu (não havia telescópios), achavam que ela era azul. Outras, que era branca e preta. Discussões a respeito mostraram que era um absurdo a Lua ser azul, o que gerou um novo conceito para "Lua Azul", com o significado de "nunca". Assim, frases como "eu vou me casar com você no dia em que a Lua estiver azul" ou "isso só acontecerá na Lua Azul" começaram a ser popularizadas em alguns países como por exemplo nos Estados Unidos. E com esse

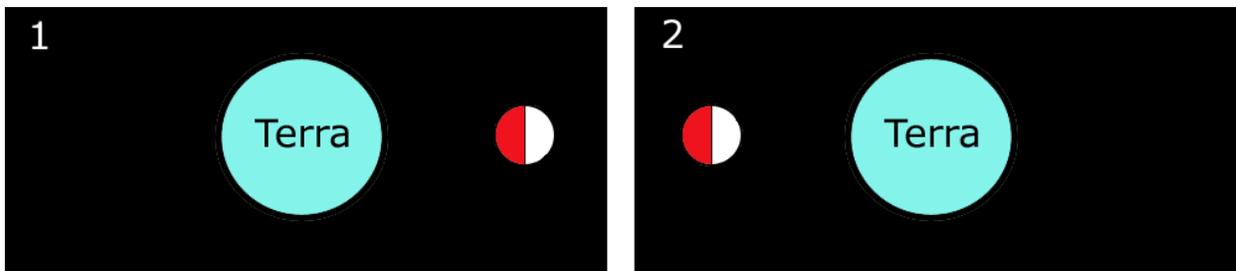
significado de "nunca" ou de algo muito raro, começou-se a dizer que a segunda Lua cheia de um mês era uma "Lua Azul". Procure num calendário quando ocorrerá a próxima Lua Azul. Apenas como curiosidade, há alguns raros registros na história de que a Lua realmente aparentava coloração azul. Em 1883, houve uma explosão do vulcão Krakatoa na Indonésia, e os gases em suspensão na atmosfera fizeram com que a Lua bem próxima ao horizonte ficasse realmente azulada vista no mundo todo, por quase dois anos. Outro episódio ocorreu em 1951, quando um grande incêndio nas florestas do oeste do Canadá lançou muitas partículas na atmosfera, criando o mesmo efeito que o Krakatoa, mas visível apenas em parte da América do Norte.

**- As crateras lunares são mais visíveis quando a Lua está na fase cheia**

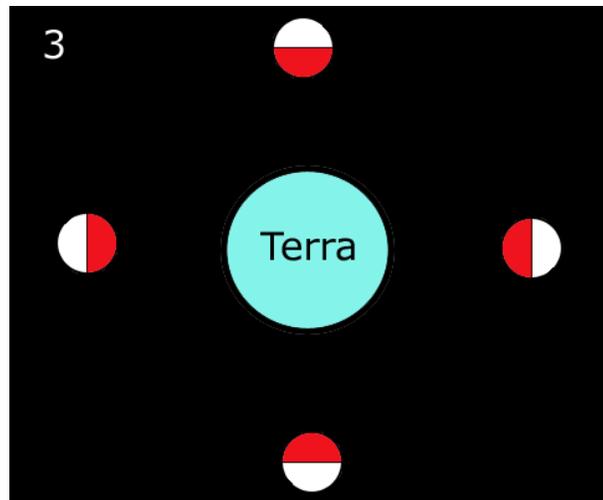
Errado! As crateras são mais fáceis de serem vistas quando estão próximas do terminadouro, a linha que separa os hemisférios claro e escuro da Lua. Quando o terminadouro está a cerca de 320km de uma cratera, o Sol visto da cratera estará numa altura de uns 10 graus acima do horizonte. Sob essas condições, os acidentes selenográficos terão grandes sombras projetadas no solo lunar, que contrastarão com o solo iluminado. Esse contraste nos ajuda a observar as crateras.

**- Sempre vemos a mesma face da Lua, portanto ela não tem rotação**

Errado!!! Realmente sempre vemos a mesma face da Lua, mas isso é a prova de que ela tem rotação! Uma coincidência muito interessante é que o período de rotação da Lua é igual ao seu período de translação ao redor da Terra. Veja os seguintes esquemas:



Na situação 1, suponha que o hemisfério vermelho seja a face da Lua voltada para a Terra. Se não houvesse rotação da Lua, após meio ciclo lunar teríamos a situação 2, note que a face que estava voltada para a Terra agora não está mais.



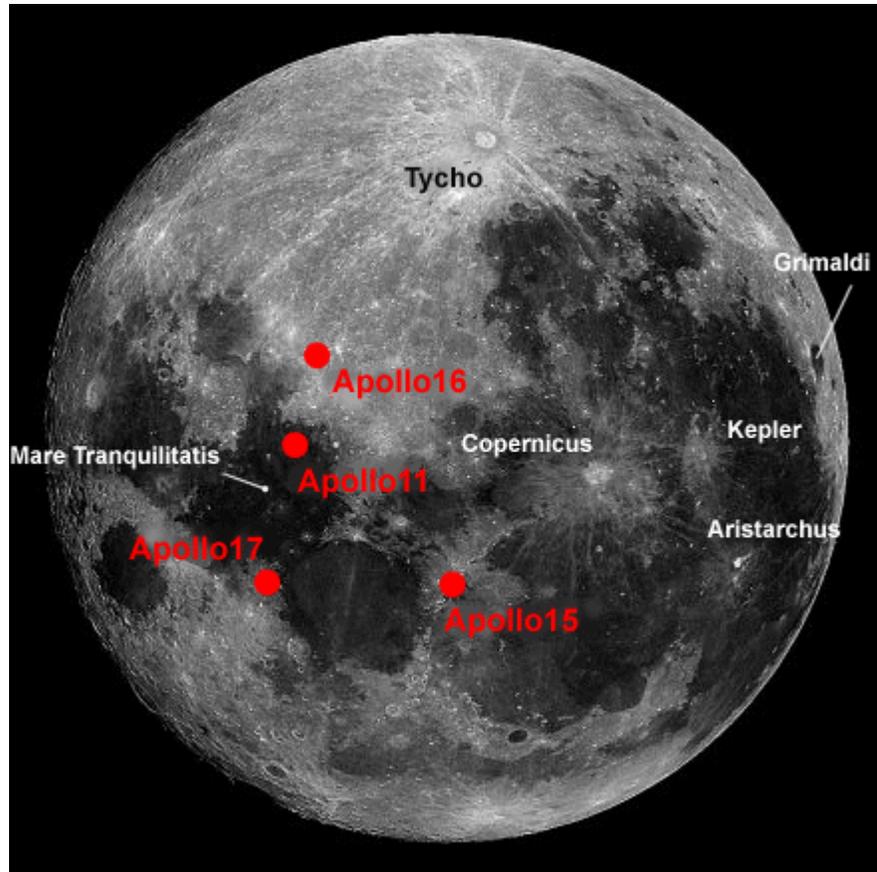
Para que a Lua tenha sempre a mesma face voltada para a Terra, ela precisa rotacionar, como é claramente visível na situação 3

**- A Lua gira ao redor da Terra de Leste para Oeste.**

A Lua nasce no lado Leste e se põe no lado Oeste, mas seu movimento de translação ao redor da Terra é de Oeste para Leste.

**- As missões Apollo e sombras na Lua.**

A foto a seguir mostra algumas regiões onde pousaram algumas missões Apollo. Tente identificar as regiões a olho nu quando a Lua estiver na fase cheia.



Muitas pessoas não acreditam que o homem já esteve na Lua. Há publicações e diversos sites na Internet tentando provar que as fotos da NASA são falsas. A afirmação mais comum que tenta provar a falsidade das missões Apollo é a de que as sombras dos astronautas projetadas no solo não são paralelas ou possuem formas impossíveis



As duas imagens à esquerda mostram a "polêmica das sombras": dois astronautas sobre solo lunar cujas sombras não são paralelas e possuem tamanhos desproporcionais. Repare como a sombra do astronauta da direita é mais longa. Seria isso uma evidência de farsa do episódio??? Como é possível?



Um rápido experimento usando dois tocos de madeira com as mesmas dimensões fincados num terreno acidentado mostra facilmente como a inclinação do terreno pode criar efeitos ilusórios de que as sombras não são paralelas. Na verdade elas são, mas o seu ângulo de visão é que faz parecer o contrário!



Nenhuma dessas imagens é maquiada em computador. Você mesmo pode reproduzir essas experiências num terreno livre ou na areia da praia



A sombra de um dos tocos sumiu?? É claro que não. Você não consegue vê-la porque, embora não pareça, há uma depressão em segundo plano que esconde a sombra



Sombras que se cruzam: absolutamente possível. Tente imaginar o que pode causar esta situação.

### 3. ATIVIDADES

#### Atividade I - Discussões

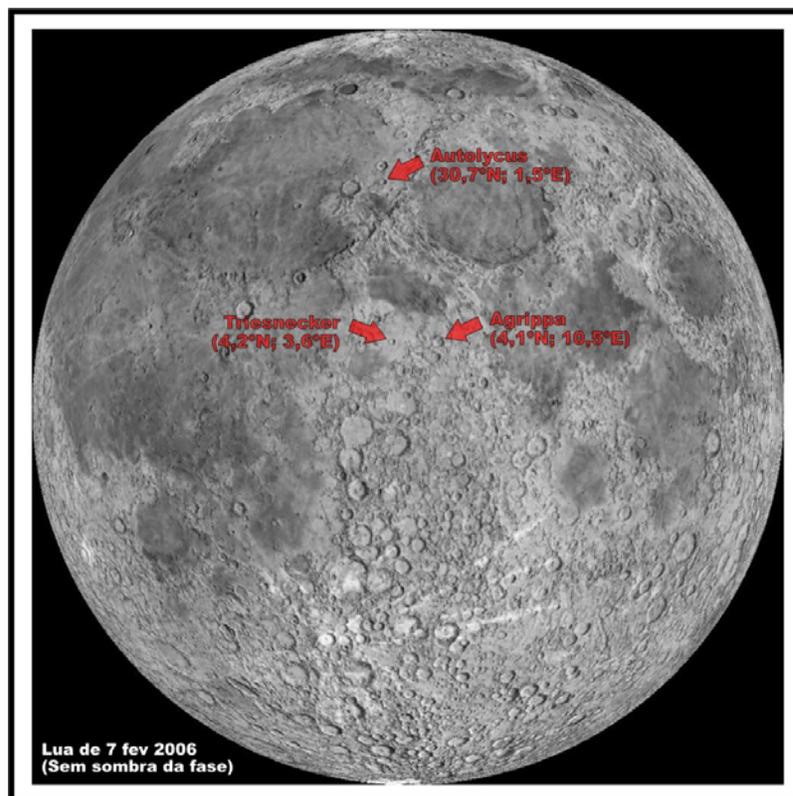
- 1) Discuta o motivo de a superfície lunar aparentemente possuir mais crateras que a superfície terrestre.
- 2) Com a ajuda de um mapa do Brasil, localize as crateras de Riachão, Vargeão e Araguainha. Por que elas são menos visíveis que a cratera de Barringer?

#### Atividade II - Medindo distâncias sobre a superfície lunar

Como saber o tamanho real de um acidente na superfície da Lua? Nesta atividade vamos aprender um método para calcular aproximadamente o diâmetro de diversas crateras utilizando imagens do nosso banco de dados. Depois disso, poderemos fazer nossas próprias observações através de um dos telescópios do Projeto Telescópios na Escola.

*Primeiro Passo: localização dos arquivos do banco de dados*

Vamos trabalhar com 3 imagens. Aconselhamos não abrir todas de uma só vez. Elas foram nomeadas respectivamente de: "agrippa", "autolyucus" e "triesnecker". Esses são os nomes verdadeiros das crateras, que são sempre as maiores encontradas em cada imagem. Elas foram obtidas pelo telescópio robótico do INPE em São José dos Campos (SP), e os detalhes de localização do sítio e hora da aquisição podem ser lidos no cabeçalho de cada imagem.



### Segundo Passo: obtenção do diâmetro da cratera

A equipe dos Observatórios Virtuais fez uma medição e descobriu que cada pixel da imagem que você tem em mãos representa 0,1' (0,1 segundo de arco) do céu. Outra informação importante é a medida do raio da Lua: 1738,1 km e 932,1' (fonte NSSDC/ NASA). Com esses três dados já podemos calcular o diâmetro de uma cratera lunar usando o software de processamento de imagens e seguindo os próximos itens:

- Meça o diâmetro da cratera em pixels. Chamaremos este número de  $d_p$
- Agora podemos calcular o diâmetro da cratera em segundos de arco, basta multiplicar  $d_p$  por 0,1. Chamaremos este resultado de  $d_s$
- Sabendo  $d_s$ , por regra de três podemos saber o diâmetro da cratera em km:  $d_s / 932,1 = x / 1738,1$  sendo  $x$  a incógnita do problema

## 4. Procedimentos Utilizando o DS9

### Recursos do DS9 utilizados

Nesta atividade poderemos aplicar diversos recursos do *DS9*, como por exemplo abrir um arquivo, trabalhar com a escala de níveis de intensidade, fazer medidas com a ferramenta *Ruler*, utilizar e manipular regiões circulares.

### Abrindo um arquivo

Após abrir o *DS9* através dos procedimentos padrões do seu sistema operacional, o primeiro passo da atividade consiste em abrir o arquivo de interesse. Isto é feito acessando-se opção **FILE** > **Open...** . Será aberta uma caixa de diálogo na qual se deve procurar a pasta onde se encontram as imagens das crateras lunares (C:\Arquivos de programas\Hou\Images\Imagens para Atividades\crateras). Clique sobre o arquivo de interesse e depois clique sobre o botão *Abrir* (ou *Open*). Um clique duplo também abre o arquivo.

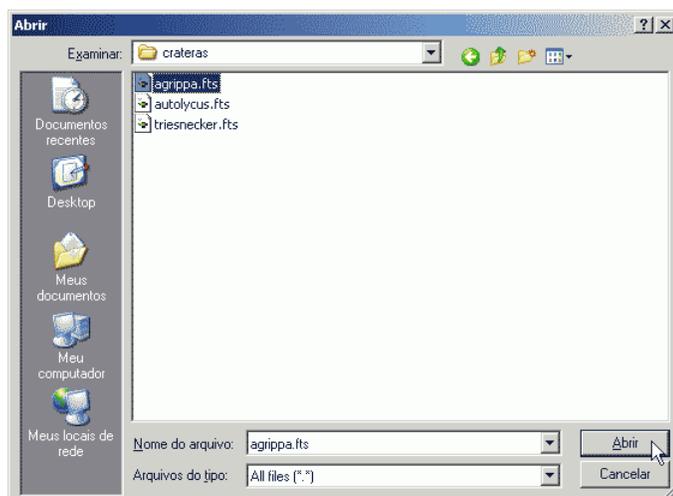


Figura 1: Caixa de diálogo *Abrir*.

Se esta é a primeira vez que você abre o arquivo, ou você não salvou nenhum arquivo de preferências de inicialização para o programa *DS9* em seu local de instalação, então a imagem será aberta em modo de exibição e com níveis de intensidades padrões.

### *Controlando a apresentação das imagens no DS9*

Note que o programa abre com uma janela não maximizada, e a imagem aparece centralizada na área de apresentação de imagens, com o fator de zoom 1 (ou seja, sem zoom), e sem nenhuma rotação (confira no painel de informações básicas). Perceba também que o retângulo que indica a área de apresentação de imagens na miniatura da imagem total, o *Panner*, mostra que apenas parte do campo do arquivo esta sendo visualizado. A imagem da cratera não está centralizada no *frame*.

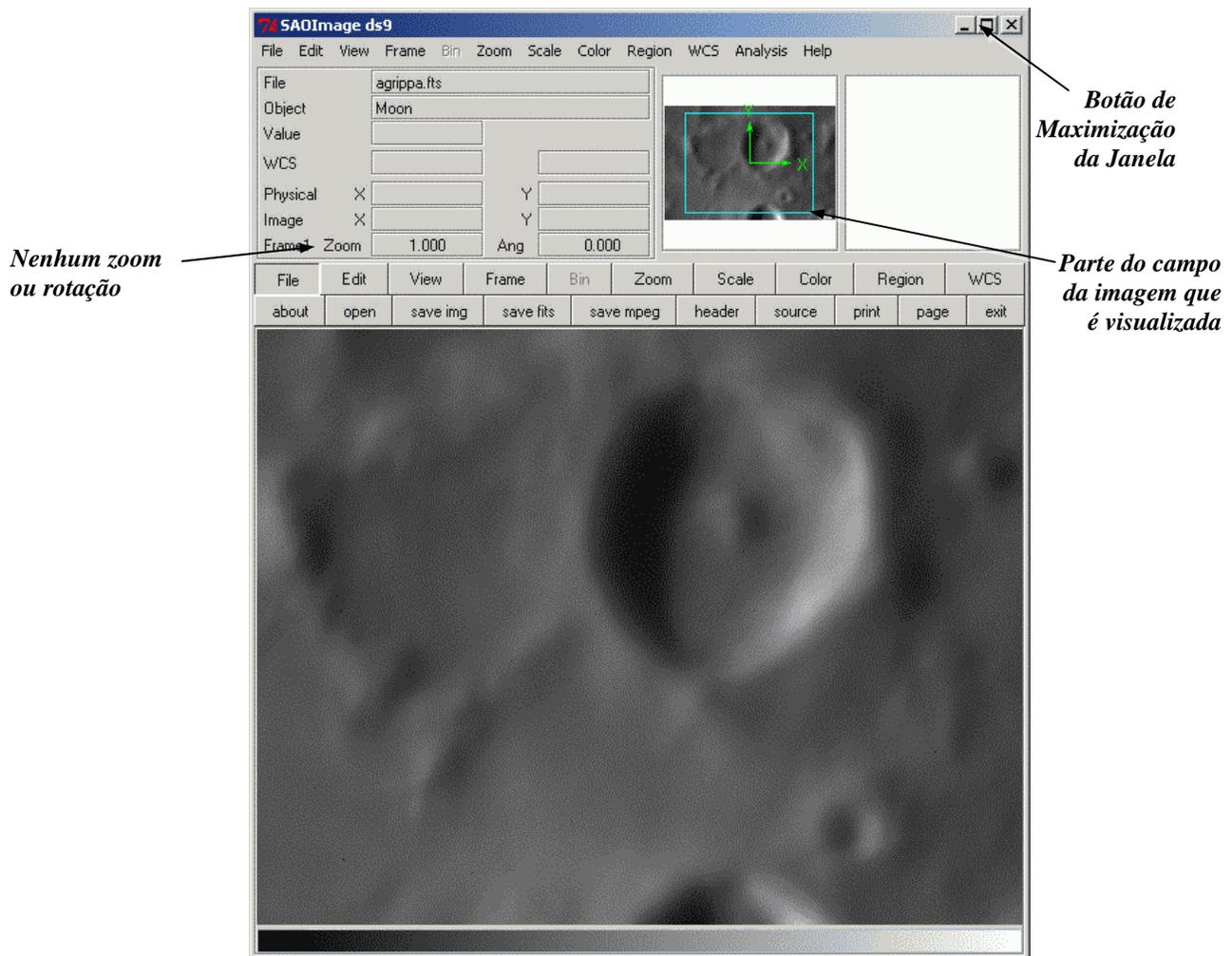


Figura 2: Aspecto da imagem da cratera Agrippa aberta no DS9.

Podemos ampliar o campo de exibição da imagem, e para tanto podemos fazer as seguintes coisas:

- (a) Maximizar a janela do *DS9*, o que tem efeito restrito e o inconveniente de que as janelas secundárias abertas pelo *DS9* são sobrepostas por este devido à área ativa de exibição de imagens (só ocorre no *Windows*);

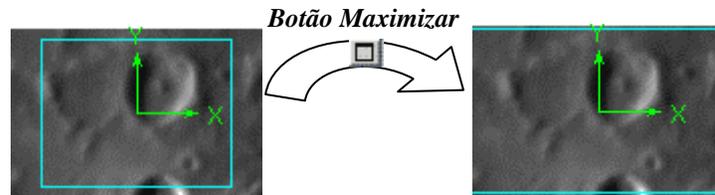


Figura 3: O efeito sobre a área de representação da imagem no *Panner* ao se maximizar a janela do *DS9*.

- (b) Mudar o *layout* de apresentação de imagens no menu *VIEW > Vertical Layout*.

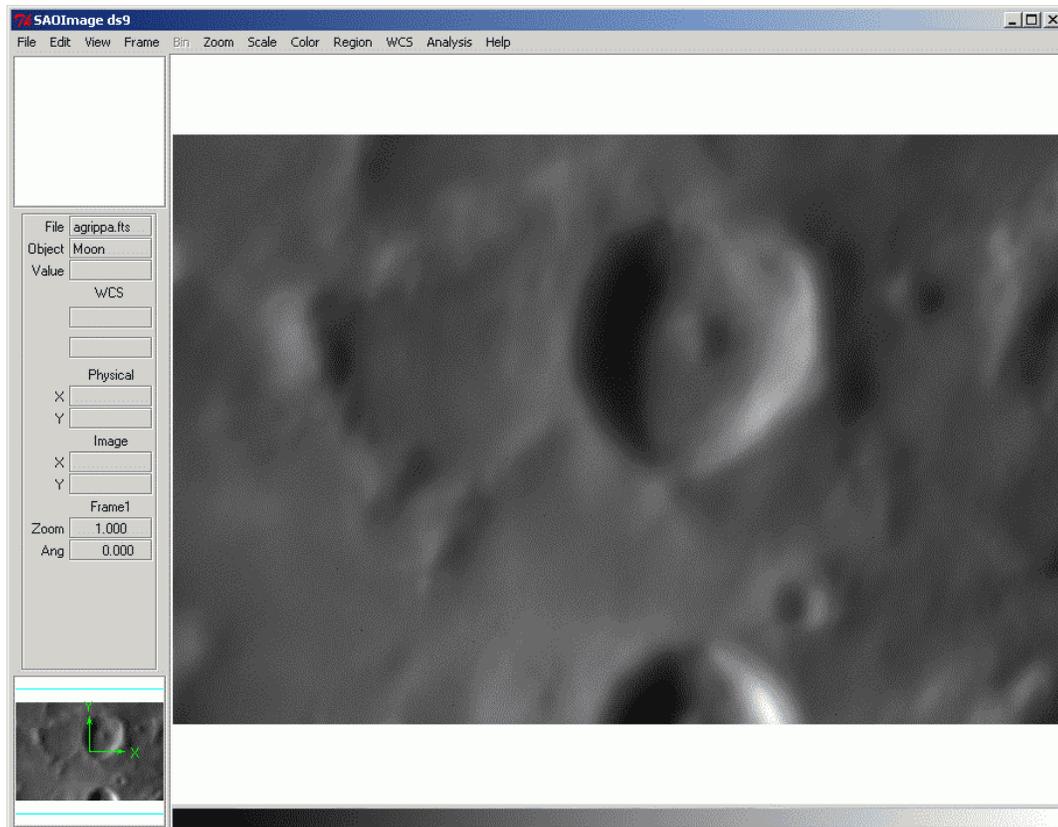


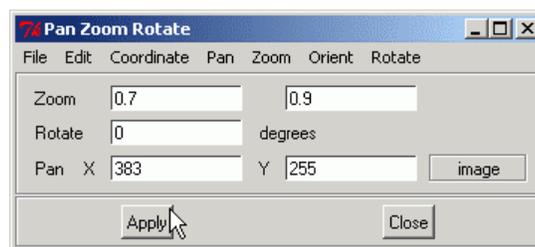
Figura 4: Aspecto do *DS9* em modo de exibição *Layout Vertical*.

O que tem uma série de vantagens, especialmente para imagens mais largas do que altas. No entanto esta opção oculta os botões menu, muito úteis nos processos de análise de imagens.

### *Utilizando ferramentas de zoom*

Mais conveniente do que adaptar a janela do *DS9* à imagem é fazer justamente o oposto, utilizando as opções de ampliação no menu ZOOM. Isto pode ser feito de diversas maneiras:

- (a) Utilizando ampliações pré-ajustadas, como as das opções de Zoom Out e Zoom In (que reduzem ou ampliam a imagem respectivamente por um fator 2) ou as opções de fatores de zoom (1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 para diminuir ou 2, 4, 8, 16, 32 para ampliar);
- (b) Lançando mão do auto-ajuste, para que a imagem preencha inteiramente o *frame* de visualização de imagens (ZOOM > Zoom to Fit Frame ou pelo procedimento equivalente nos botões);
- (c) Empregando o recurso de ajuste de zoom configurado pelo usuário (ZOOM > Pan Zoom Rotate to...). Esta opção permite abrir uma caixa de diálogo onde é possível ajustar o fator de zoom para cada um dos eixos.



*Figura 5: Caixa de diálogo Pan Zoom Rotate. Na linha correspondente ao zoom, o primeiro valor corresponde ao zoom no eixo horizontal (X daqui para frente) e o segundo ao zoom do eixo vertical (Y daqui para frente).*

Note que fatores de ampliação diferentes em diferentes eixos acabam por distorcer a imagem apresentada. No entanto, essa distorção apenas ocorre na apresentação da imagem e não nas escalas medidas pelo *DS9*, de forma que as medidas feitas por este programa se mantêm fiéis à proporção original. Deve-se tomar cuidado ao se utilizar as

imagens alteradas por este recurso do *DS9* em procedimentos de medida que não envolvam este programa, pelo quando não se informam os fatores de escala para cada eixo.

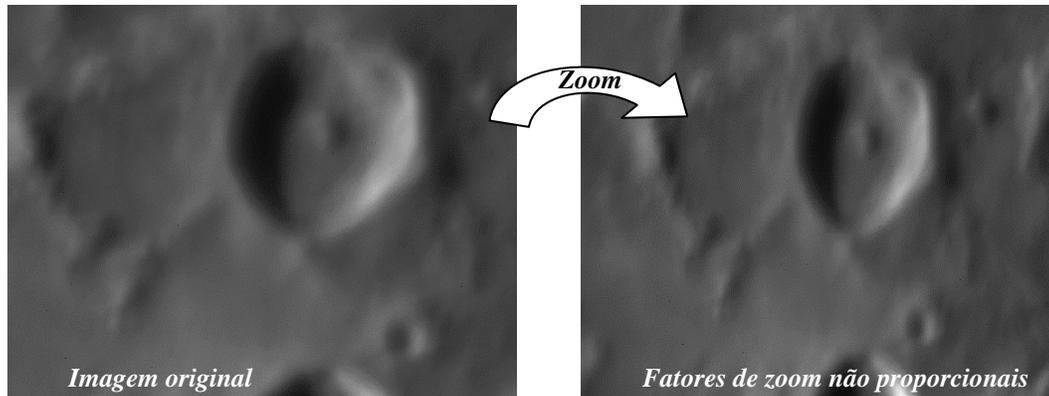


Figura 6: Efeito de distorção na imagem da cratera ao se aplicar fatores de zoom não proporcionais em diferentes eixos.

Em diversas situações um zoom desproporcional pode ser conveniente (especialmente quando um campo amplo é o foco da observação). Em outras situações elas podem confundir o observador, como por exemplo num caso em que se procuram crateras, ou quaisquer outros objetos em que a simetria circular seja importante.

#### *Movimentando o centro de visualização da imagem*

De forma complementar aos controles de zoom acima, que interferem na visualização global da imagem, controles sobre o posicionamento são importantes para se destacar uma certa região no campo total de observação. Isto é feito com recursos de *Pan*, que permitem deslocar a imagem com um dado zoom de modo a dispô-la numa posição mais conveniente. No *DS9* isto pode ser feito das seguintes formas:

- (a) Clicando-se com o botão do meio do mouse sobre o local da imagem de interesse. Isto automaticamente deslocará a imagem no *frame*, colocando a posição clicada no centro do mesmo.

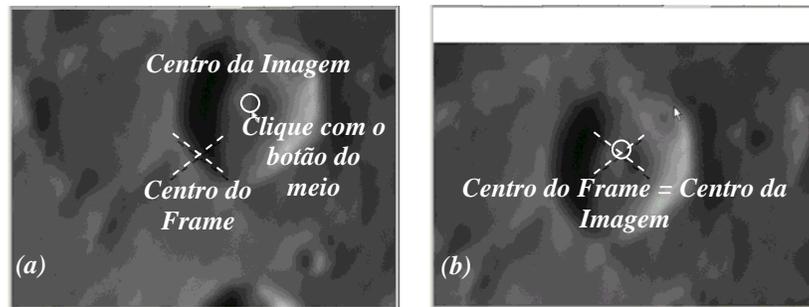


Figura 7: Procedimento de centralização da cratera Agrippa no centro do frame. A faixa branca em (b) apenas indica o limite superior da imagem obtida com o telescópio. O panner (minitura da imagem total) mostra o campo de visualização da imagem centralizado na cratera.

- (b) Arrastando o retângulo que representa a área de apresentação de imagens no *panner*, e fazendo com que o centro do retângulo coincida com o centro da imagem do objeto na miniatura;

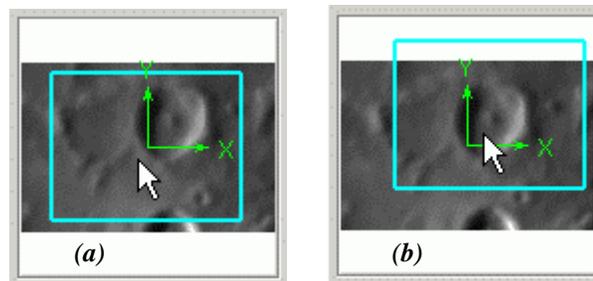


Figura 8: Deslocamento da imagem arrastando-se o retângulo que representa o campo de apresentação do frame.

- (c) Utilizando a opção ZOOM > Pan Zoom Rotate to..., que abre uma caixa de diálogo onde é possível colocar as coordenadas que devem ser centralizadas no *frame*. Estas coordenadas podem ser obtidas lendo-se diretamente seus valores no painel de informações básicas ou pressionando-se as teclas [CTRL]+[C] sobre a posição do centro do objeto. Este último procedimento abrirá uma janela contendo as coordenadas X, Y e o valor do píxel nestas coordenadas. Copie e cole os valores desta janela para as posições adequadas na caixa de diálogo Pan Zoom Rotate;

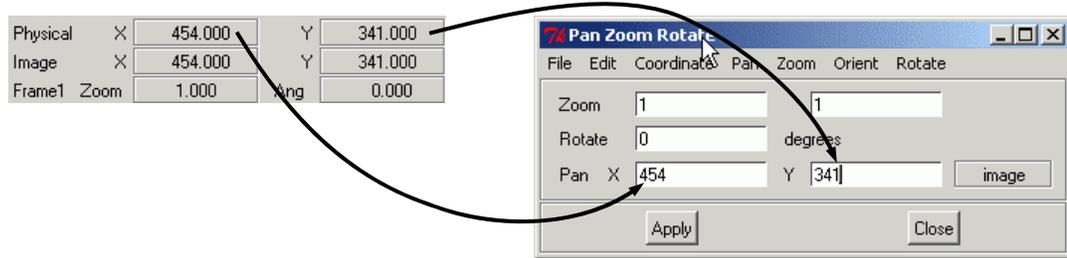


Figura 9: Utilizando a caixa de diálogo Pan Zoom Rotate.

Com estas informações é possível ajustar o posicionamento e o zoom sobre a cratera de modo que ela possa ser visualizada completamente sobre o *frame*. Utilize a opção ZOOM > Pan Zoom Rotate to... e os procedimentos de centralização, como apresentado na figura a seguir:

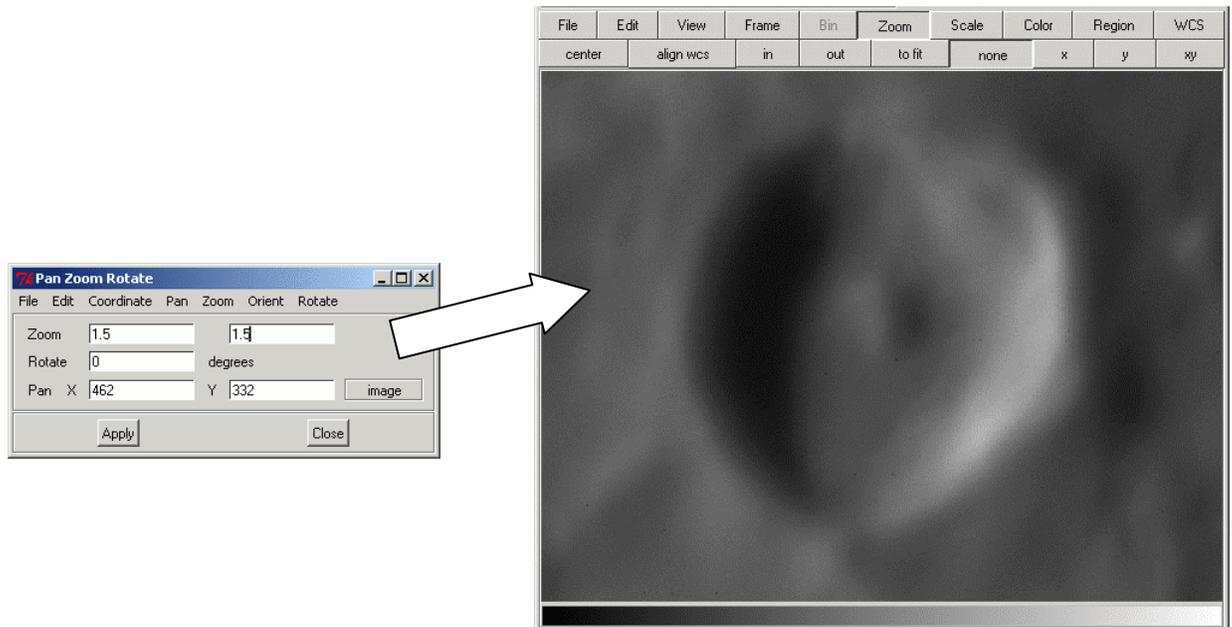


Figura 10: Valores de posicionamento e zoom adequados para exibição da imagem.

### Manipulando os níveis de intensidade

Para se medir a cratera é preciso estabelecer um modelo e uma metodologia. Um modelo pois estamos tentando inferir características físicas de um objeto observado ao qual não temos acesso diretamente, e uma metodologia pois dentro de um mesmo modelo não existe apenas uma maneira de se fazer uma medida, embora as medidas em um mesmo modelo devam ser convergentes.

Como modelo, assumiremos que as crateras são circulares e definiremos o tamanho da cratera como sendo o diâmetro da abertura demarcada pelo máximo de altura da cratera. Dentro desse modelo isso ocorre na transição entre regiões iluminadas e sombreadas, que se alternam para dentro e para fora da cratera, devido à disposição do Sol em relação à Lua.

Assim, para as medidas do tamanho de crateras, se torna fundamental um bom discernimento entre os níveis de intensidade. A melhoria no contraste da imagem pode ser feita das seguintes formas:

- (a) Utilizando o recurso de clicar o botão secundário e arrastar o ponteiro de mouse sobre a imagem;
- (b) Usando a opção `SCALE > Scale Parameters...` Nela pode-se controlar a distribuição dos níveis de intensidade através de um histograma apresentando as freqüências de tonalidades da imagem como um todo. Isto é feito arrastando-se no gráfico apresentado as linhas que marcam o nível mínimo (vermelho) e o nível máximo de intensidades (verde) a serem associadas às tonalidades da paleta de cores.
- (c) Alterando a escala para logarítmica (`SCALE > Log`), de equalização de histogramas (`SCALE > Histogram Equalization`), `zscale` (`SCALE > zscale`) ou pelo controle automático de níveis (`SCALE > (99,5%, 99%, 98%, 95%, 90%)`).
- (d) Utilizando o recurso de controle dos parâmetros de contraste e bias na opção `COLOR > Colormap Parameters...`
- (e) Combinando todos os recursos apresentados nos tópicos anteriores.

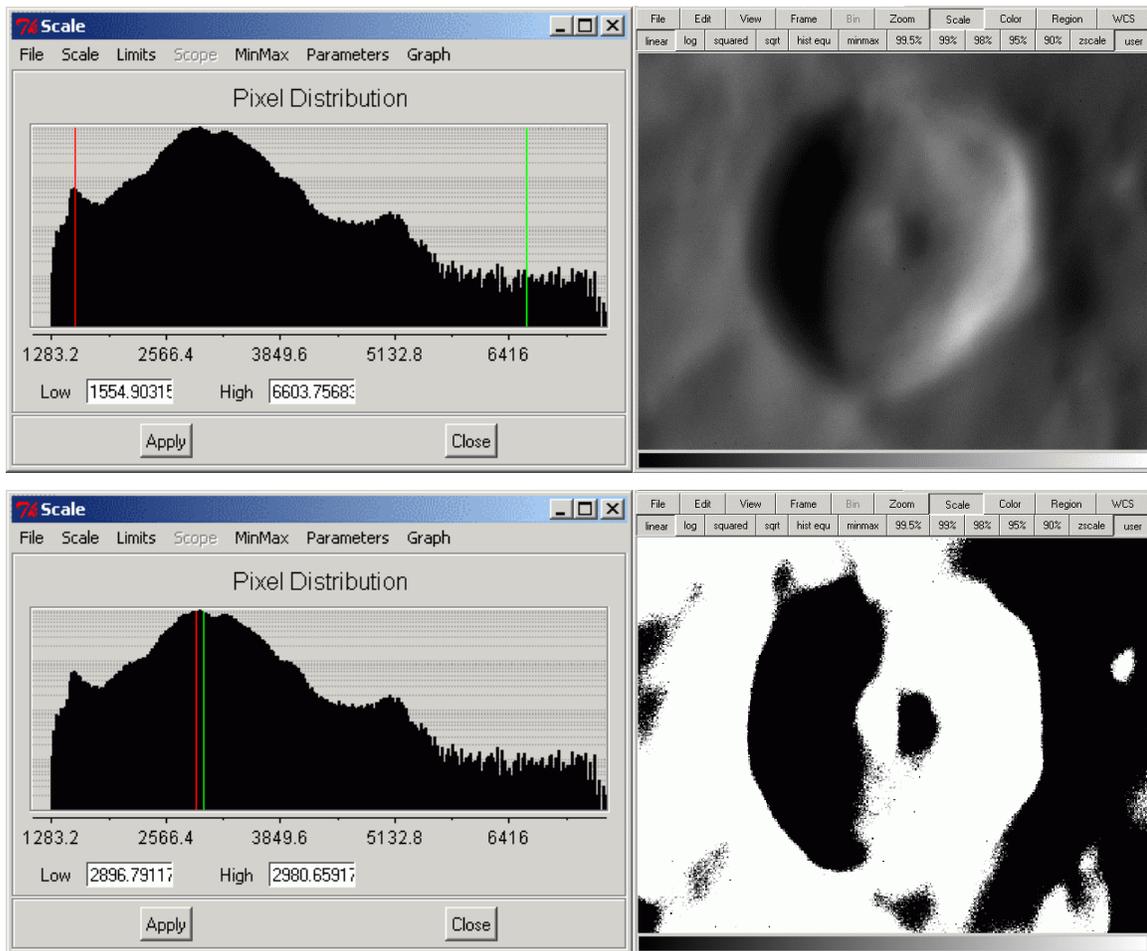


Figura 11: Utilização da escala de parâmetros para aumentar o contraste da imagem.

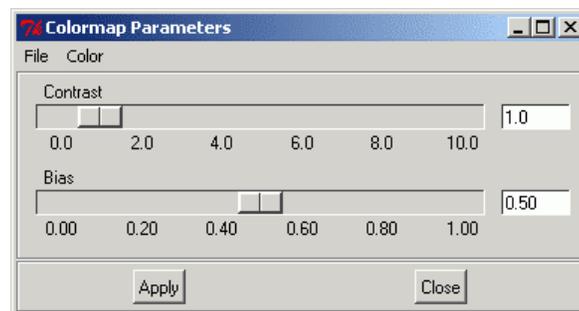
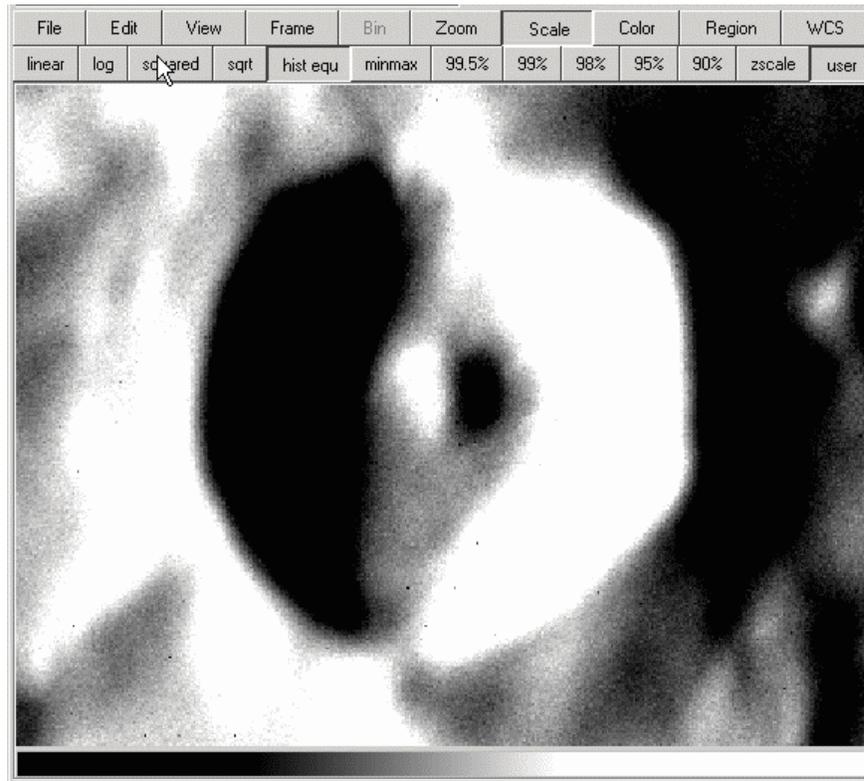


Figura 12: Caixa de diálogo para controle dos parâmetros de bias e contraste do mapa de cores.

Ajuste os níveis de intensidade e obtenha um contraste que facilite o reconhecimento da região que demarca a abertura da cratera. Optamos por utilizar uma escala de equalização de histogramas e um ajuste manual dos níveis de contraste da imagem.

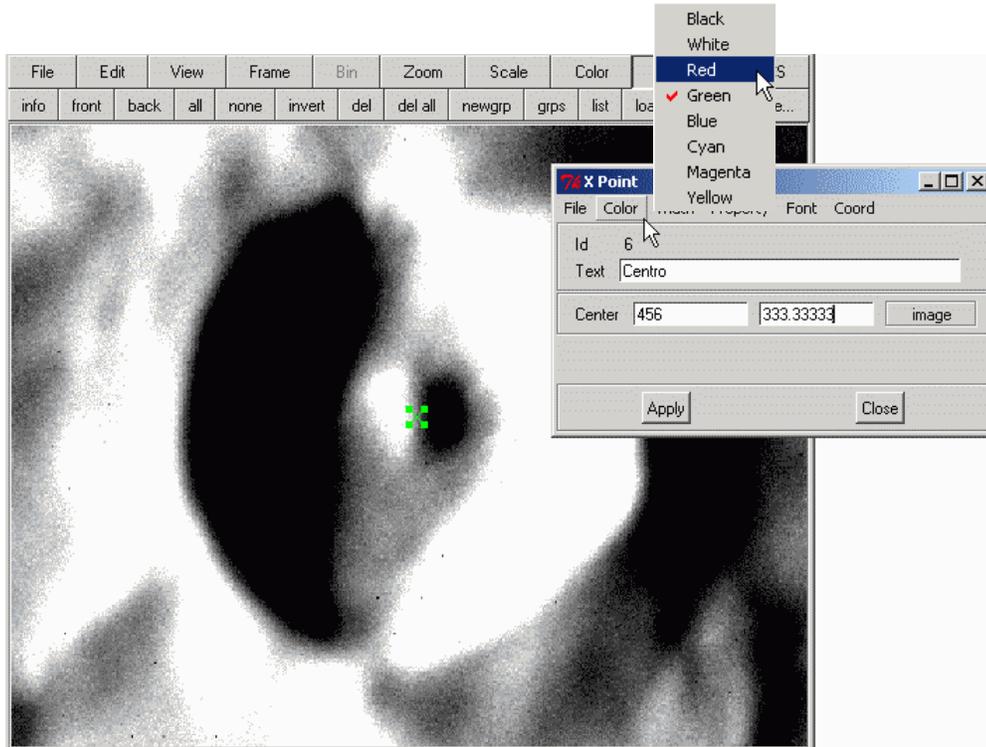


*Figura 13: Aplicação de uma escala de equalização de histogramas (note os botões menu) e controlando o contraste clicando-se com o botão secundário do mouse e arrastando o ponteiro sobre a área de apresentação de imagens.*

Agora, com a região da cratera bem delimitada, pode-se começar a medi-la segundo diferentes metodologias. Apresentamos aqui dois procedimentos para explorar recursos muito úteis do *DS9*: a régua (REGION > Shape > Ruler) e as regiões, em particular as regiões circulares (REGION > Shape > Circle).

*Fazendo medidas sobre a imagem utilizando a régua*

Para o primeiro procedimento sugerimos a inserção de um ponto que demarque o centro da cratera. Escolha um ponto em forma de x em REGION > Shape > X Point e clique com o botão principal no píxel em que mais aproximadamente se encontra o centro da cratera.



*Figura 14: Inserção do ponto que marca o centro da cratera. A mudança da cor ou qualquer outra propriedade de uma região é feita clicando-se duas vezes sobre ela e acessando-se a caixa de diálogo com os parâmetros que a controlam. Nesta caixa, o menu COLOR fornece a opção de algumas cores.*

Para mudar a cor do ponto, dê dois cliques sobre ele e na caixa de diálogo que controla suas propriedades acessar o menu COLOR e a cor desejada.

Qualquer região pode ter suas propriedades acessadas com um clique duplo sobre sua representação gráfica, ou clicando-se sobre ele uma vez (para selecioná-lo) e acessando-se o menu REGION > Get Info... Uma vez escolhida a forma do ponto, a principal característica que pode ser editada nele é sua posição. Características como, cor espessura da linha, sistema de coordenadas de posicionamento, fonte do nome associado (Text) e as propriedades que habilitam a edição do objeto estão presentes para qualquer região. É interessante notar que um ponto será apresentado na tela sempre do mesmo tamanho, não importando o nível de zoom sobre a imagem.

Se visualmente a posição do ponto não refletir bem o centro da cratera, você pode mudá-la através desta caixa de diálogo, ou simplesmente clicando sobre o ponto uma vez e utilizando as teclas de direção no teclado.

Outra coisa interessante sobre as regiões é que se pode mudar suas propriedades antes de elas sejam inseridas, bastando para tal acessar as opções em `REGION > (Color, Width, Properties ou Font)`

Neste ponto, a utilização dos botões menu pode tornar a tarefa de medir a cratera mais simples. Clique sobre o botão *Region*. Isto habilitará os botões contextuais. Pressione o botão *more...* até aparecer a opção *ruler*. Pressione este botão.

Começamos a medida escolhendo um dos extremos da cratera, pressionando o botão principal do mouse sobre ele e arrastando o ponteiro sobre a imagem de forma a atingir a outra extremidade da cratera, tomando o cuidado para que a linha de medida passe pelo centro da cratera.

Registre o valor que aparece na tela. Está é a medida em píxeis da distância entre as duas extremidades da “régua”. Repita o procedimento um número razoável de vezes para fazer a estatística das medidas, o que deve aproximar o diâmetro da cratera.

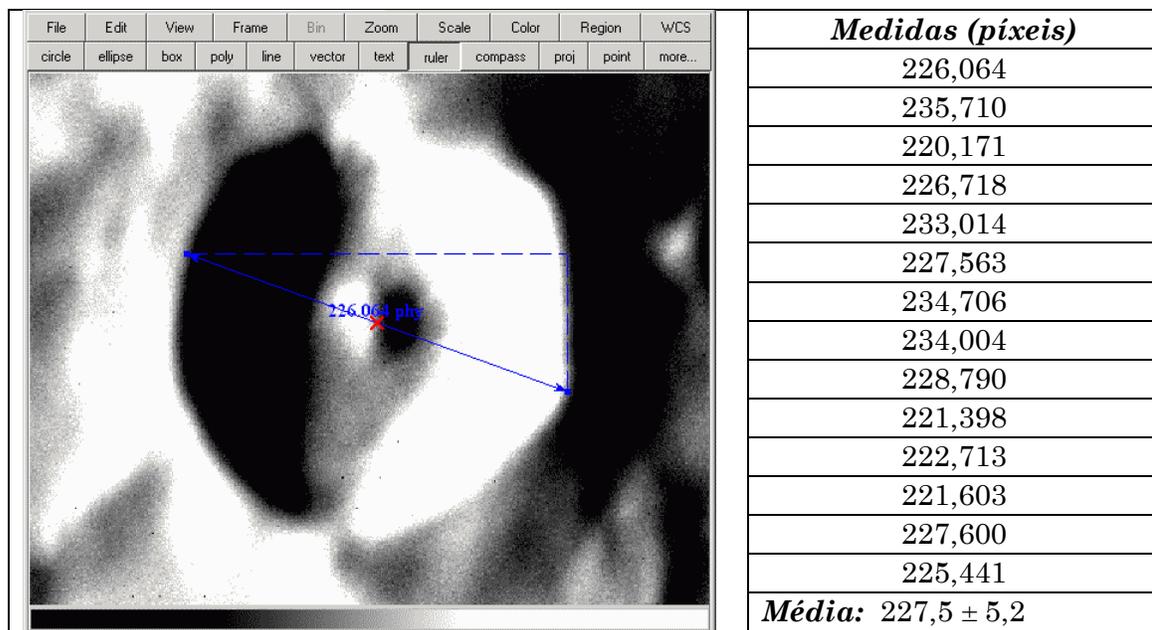


Figura 15: Medidas para obtenção de uma estimativa para o diâmetro da cratera Agrippa.

Algumas informações interessantes que podem ser úteis na manipulação das “réguas” são as seguintes: clicando-se sobre ela aparecerão quadrados (abas) em suas

extremidades, indicando que ela está selecionada. Colocando o ponteiro do mouse sobre estes quadrados fará com que ele mude de forma, habilitando o modo de deslocamento da extremidade. Em objetos unidimensionas, estes indicadores de seleção permitem deslocar as extremidades, enquanto que para regiões bidimensionais elas são utilizadas para redimensionar os objetos.

Dois cliques sobre a régua permitem que mais informações sejam extraídas. Apresentamos isto na figura a seguir:

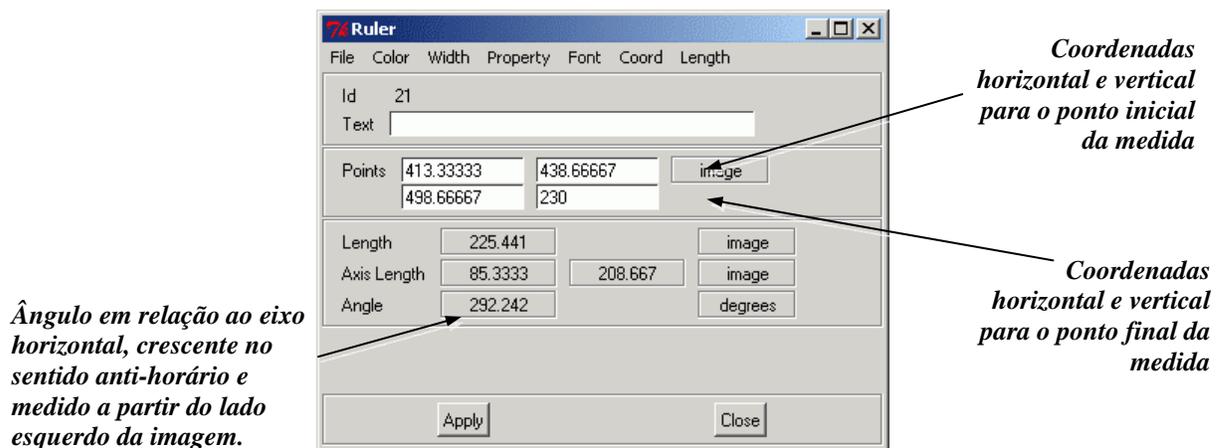


Figura 16: Informações extras que podem ser extraídas na caixa de propriedades RULER.

### Fazendo medidas sobre a imagem utilizando regiões circulares

O segundo procedimento se fundamenta na idéia de ajustes, ou seja, sobreporemos à imagem da cratera uma região circular e ajustaremos seu tamanho e seu posicionamento de forma a minimizar a distância dos pontos na orla da cratera em relação à circunferência.

O primeiro passo consiste em habilitar a inserção de regiões circulares, utilizando-se a opção REGION > Shape > Circle ou os botões menu da mesma forma como exemplificado no procedimento anterior.

Clique sobre o centro da cratera, o que fará aparecer a circunferência de um tamanho menor do que o da cratera. Clique uma vez sobre este objeto para que as abas de seleção surjam. Arraste uma delas até que a circunferência atinja a orla da cratera (onde ocorre a transição de uma área iluminada e uma área sombreada). Faça um ajuste fino no posicionamento, utilizando as setas de direcionamento do teclado ou clicando sobre a região e arrastando-a para uma posição mais adequada.

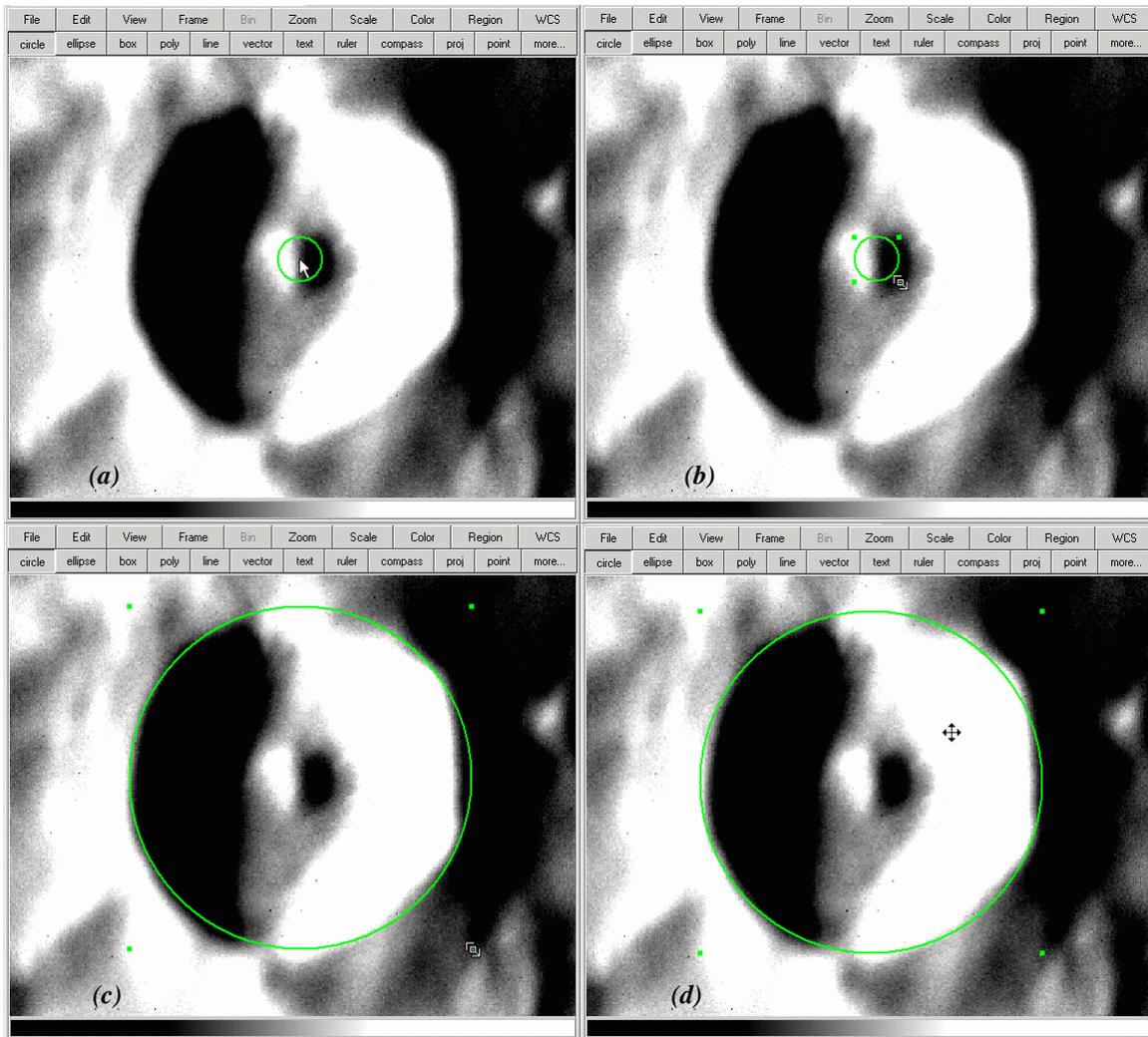


Figura 17: Ajustando uma circunferência sobre a imagem da cratera, alterando o tamanho e o posicionamento de uma região circular.

A medida do raio da região é obtida dando-se dois cliques sobre ela. A caixa de propriedades deste objeto fornece as seguintes informações:

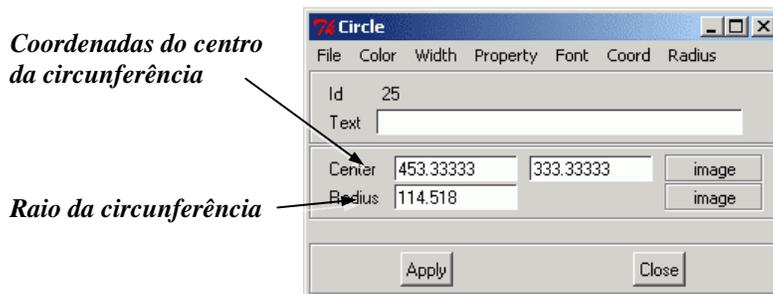


Figura 18: Informações da região circular ajustada.

Com o raio da região circular se tem um diâmetro da mesma, que por sua vez fornece uma estimativa para o tamanho da cratera ( $2 \times 114,518 = 229,036$  píxeis).

Uma estimativa da incerteza desta medida pode ser obtida redimensionando a região circular de modo a incluir os desvios mais internos da região circular ajustada (111,905), e depois os desvios mais externos (123,772). A média das diferenças destas medidas com relação à circunferência ajustada  $\{(114,518 - 111,905) + (123,772 - 114,518)\} / 2 = 5,9$  píxeis} é a incerteza sobre a medida anterior.

Note que o valor obtido com este procedimento ( $229,0 \pm 5,9$ ) é plenamente compatível com o valor extraído pelo procedimento anterior ( $227,5 \pm 5,2$ ).