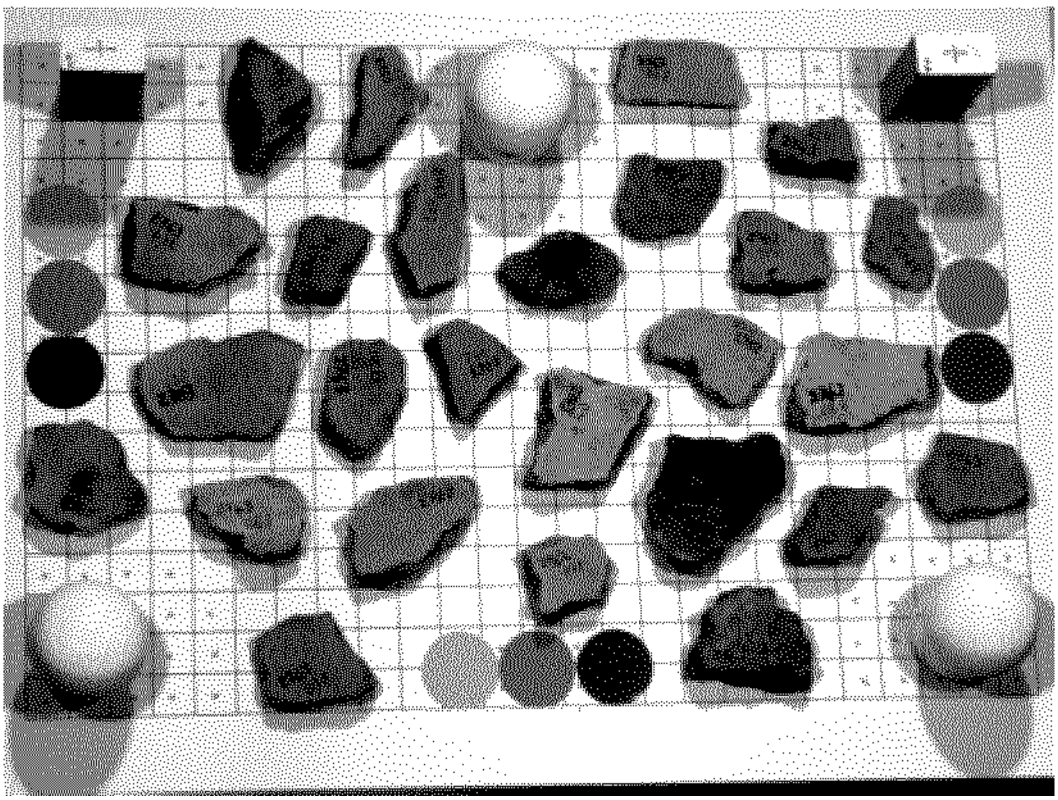
MANUAL
Protocolo para Digitalização Sistemática de Fragmentos de Cerâmica Indígena

(VERSÃO PRELIMINAR)

Helena Cristina da Gama Leitão[1]
Jorge Stolfi[2]



[1]Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ hcgl@ic.uff.br
[2]Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, SP stolfi@ic.unicamp.br

Sumário

1 Introdução

Este documento descreve um protocolo para digitalização sistemática das coleções de objetos e fragmentos de cerâmica do tipo normalmente encontrado em sítios arqueológicos indígenas brasileiros.

Este protocolo pressupõe que o objetivo da digitalização não construir é apenas um catálogo ilustrado da coleção, mas sim um *acervo digital*: um conjunto de imagens com cobertura e resolução suficientes para substiruir os objetos reais para fins de pesquisa antropológica e arqueológica.

Mais precisamente, neste documento estamos supondo que as imagens do acervo digital devem ser suficientes para responder a maioria das questões que poderiam ser respondidas com um exame das peças a olho nu, ou com ampliação moderada. Estamos supondo, em particular, que o acervo digital *não* tem a pretensão de substituir os fragmentos reais para fins de análises químicas, microscópicas, multi-espectrais, etc. O acervo digital também não almeja substuir as formas tradicionais de análise e documentação, mas sim complementá-las e facilitá-las.

Entendemos que para atingir os objetivos acima é necessário e suficiente tomar imagens coloridas ordinárias (com três faixas de cor) de toda a superfície visível de todos os objetos, com resolução de $0,25$ mm/ pix ou melhor. As imagens devem ser tecnicamente calibradas de modo a permitir determinar as cores e dimensões reais dos objetos. Em particular, elas devem permitir determinar a forma tridimensional de cada objeto, possibilitando, por exemplo, a reconstrução virtual de objetos fragmentados.

A obtenção de um conjunto de imagens digitais com essas características é muito mais trabalhosa e menos trivial do que pode parecer à primeira vista, por várias razões. Uma delas é o grande número de objetos que precisam ser fotografados. Um único sítio arqueológico pequeno pode facilmente produzir centenas de fragmentos; e um museu modesto pode facilmente possuir centenas de milhares de artefatos encaixotados em seus depósitos. Por esse motivo, os procedimentos de digitalização devem ser padronizados planejados com cuidado, a fim de minimizar o trabalho dos fotógrafos e a probabilidade de erros.

Outra dificuldade é que digitalizar os artefatos é apenas o primeiro passo. Para servir seu propósito, as imagens do acervo digital precisam ser editadas — ajustadas, calibradas, rotuladas, classificadas e documentadas. Portanto, o procedimento de digitalização precisa também garantir que as imagens incluam (ou sejam acompanhadas de) todas as informações necessárias para possibilitar e facilitar essas tarefas. Torna-se necessário observar um grande número de detalhes na etapa de digitalização — no preparo do ambiente de trabalho, no ajuste da câmera, no posicionamento dos fragmentos, da câmera, e das fontes de luz, e na documentação das atividades. Descuidos, inconsistências, decisões equivocadas, ou otimizações indevidas nesta fase podem complicar enormemente a edição das imagens, ou mesmo exigir a re-digitalização de boa parte dos fragmentos.

Uma terceira dificuldade, que potencia as duas anteriores, é a carência de recursos que infelizmente afeta a maioria dos museus arqueológicos brasileiros. Na maioria dos casos, essa restrição exclui soluções baseadas em equipamento avançado, como digitalização por varredura a laser, ou que exigem muita mão de obra.

O objetivo deste documento é justamente subsidiar o planejamento da digitalização e edição de um acervo digital do tipo descrito acima. Os procedimentos aqui descritos são frutos da experiência adquirida na construção de um acervo-piloto desse tipo[3]. Apesar desse projeto ter utilizado uma coleção relativamente pequena (300 fragmentos), nos esforçamos em desenvolver um protocolo que pudesse ser expandido para coleções maiores, com dezenas ou centenas de milhares de framentos.

Vale ressaltar que muitos detalhes do protocolo são específicos para fragmentos de cerâmica com características de forma e tamanho similares aos documentados naquele projeto, e diferem bastante dos procedimentos normalmente usados na fotografia de artefatos museológicos de outros tipos, como recipientes completos ou estatuária. Outros fator que justifica a originalidade deste protocolo é o objetivo de produzir um acervo digital, como definido acima, e não apenas um catálogo ou resumo do mesmo; e, em particular, o objetivo de produzir eventualmente modelos tridimensionais precisos de todos os artefatos, incluindo fragmentos, com vistas a reconstrução virtual.

Não temos a pretensão de ter encontrado o protocolo perfeito para esses objetivos; longe disso. Com certeza, este protocolo poderá ser bastante melhorado, pontual ou radicalmente, em decorrência de outros experimentos e projetos deste tipo. Por outro lado, vale observar que as recomendações abaixo foram aprendidas e confirmadas pela experiância, incluindo as que podem parcer questionáveis em comparação com as práticas usuais. E não podemos deixar de notar que, se muitas das regras parecem óbvias em restrospecto, elas não eram nada óbvias quando iniciamos os trabalhos. Portanto, acreditamos que este protocolo, apesar de suas possíveis limitações e defeitos, será bastante útil para arqueólogos e museólogos interessados na digitalização sistemática de seus acervos.

[3]Projeto *Acervo Digital Piloto para um Museu Arqueológico Brasileiro* financiado pelo CNPq, processo 47554/01-0 (NV).

2 Preparação dos fragmentos

1. Recomenda-se, na medida do possível, evitar manipulações que possam danificar ou desgastar as quinas dos fragmentos, como o uso de pás, peneiras, etc..

2. Em particular, recomenda-se que, se possível, os fragmentos não sejam empilhados ou ensacados sem algum tipo de proteção (espuma, pano, papel de jornal, etc.) para evitar atrito entre eles.

3. Os fragmentos devem ser rotulados antes de serem fotografados. O rótulo deve ser durável, deve ser escrito ou afixado no próprio fragmento.

4. Sugere-se que o rótulo seja afixado na superfície "menos importante" do recipiente original, que é geralmente (mas nem sempre) a superfície interna, e geralmente (mas nem sempre) o lado côncavo do fragmento.

5. O rótulo deve ser suficientemente legível e único para permitir a identificação do fragmento nas imagens, e, caso necessário, a localização posterior do mesmo no depósito do museu.

6. Os fragmentos devem estar limpos, não só de terra mas também de poeira, marcas de giz, etc.. (Se a re-lavagem de fragmentos empoeirados não for possível, considere-se o uso de um jato de ar comprimido.)

3 Preparação do equipamento

As recomendações abaixo pressupõem uma abordagem de baixo custo, como a que usamos no acervo piloto, onde os objetos e luminárias são colocados sobre uma mesa comum, e a câmera é montada num tripé tradicional. Esta abordagem é especialmente conveniente quando o equipamento deve ser transportado para o local de trabalho a cada sessão.

Para um projeto de maior envergadura, ou empreendido pelo próprio museu, vale considerar a alternativa de se construir uma mesa especial para esse fim. Tal mesa poderia ter uma armação metálica firmemente instalada aproximadamente 1 m acima da superfície de trabalho, onde seriam fixadas a câmera e as lâmpadas.

3.1 Mesa e tripé

1. A mesa deve ser plana e lisa, com uma superfície livre de pelo menos $1\,\mathrm{m}^2$.

2. A rigidez e estabilidade do tripé são muito importantes. O tripé deve permitir posicionar a câmera 60 cm ou mais acima do nível da mesa.

3. O tripé deve possuir um braço de extensão horizontal com contrapeso, que permita posicionar a câmera diretamente sobre o palco, a uns 50 cm acima do mesmo, ★[confirmar distância para palco padrão] e apontada para baixo.

4. Providenciar um banquinho ou escadinha que permita manipular a câmera com conforto e segurança, mesmo quando ela estiver nessa posição.

A alternativa de se usar um tripé pequeno, colocado sobre a própria mesa de trabalho, não parce interessante, pois provavelmente dificultaria o acesso aos fragmentos e o posicionamento das lâmpadas, e reduziria a estabilidade da câmera, prejudicando a nitidez das imagens.

3.2 Palco simples

O palco simples é usado para obter imagens das faces principais dos fragentos (a face interior e exterior do recipiente original). É simplesmente uma base retangular quadriculada, de cor branca fosca. Ao longo dos lados da quadrícula, devem ser colocados gabaritos de vários tipos — *tonalidade*, iluminação, e geometria — para permitir a calibração posterior das imagens.

1. A base do palco simples é uma folha de papel branco tipo "sulfite" (não lustroso), tamanho A4, contendo uma quadrícula impressa em linhas negras, conforme ilustrado na figura 1.

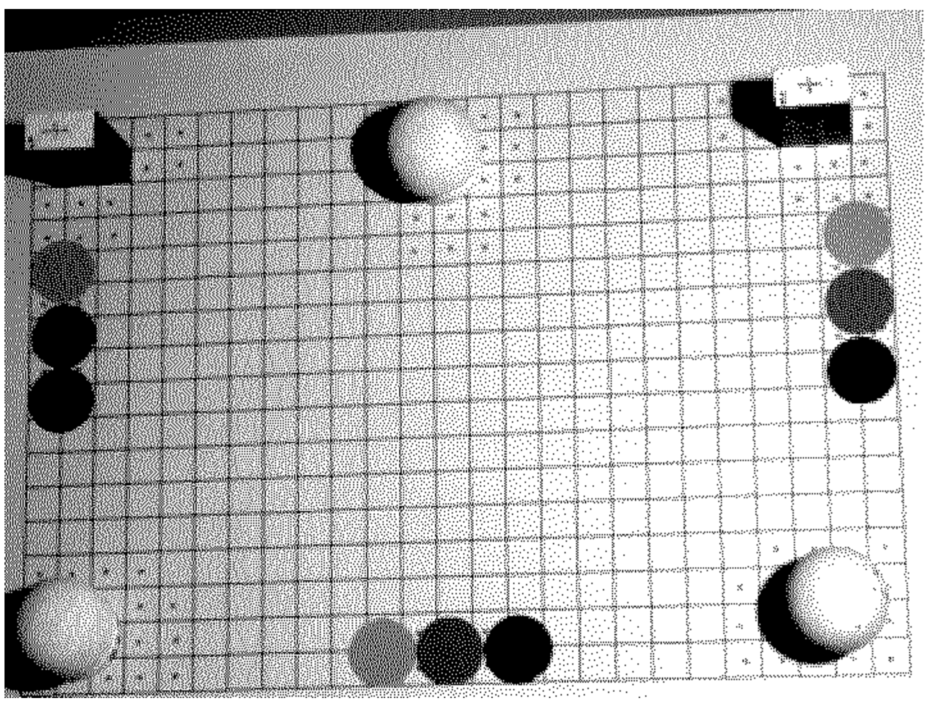


Figura 1: O palco simples.

2. A quadrícula deve medir 25 por 18 cm, com células de 1 cm de lado. As coordenadas X e Y das linhas devem ser impressas ao longo das quatro bordas, em letras bem legíveis, de pelo menos 3mm de altura (14 pt, negrito)

3. Cada gabarito de tonalidade consiste de uma série de pelo menos três etiquetas adesivas, com aproximadamente 1 cm de diâmetro, pintadas com tinta

guache, de cor cinza uniforme, em intensidades distintas. Deve-se colocar uma série dessas ao longo de cada lado da quadrícula.

4. Cada série de gabaritos de tonalidade que for usada nas imagens deve ser calibrada contra uma escala profissional de tons de cinza (como a escala Kodak Q13). Para esse fim, deve-se fotografar os dois objetos em posições adjacentes, sob condições de iluminação e ângulo de câmera semelhantes aos usados para as imagens do acervo. Caso seja necessário substituir os gabaritos de iluminação no decorrer do projeto, a calibração deve ser repetida, e deve-se registrar quais gabaritos foram usados em quais imagens.

5. Cada gabarito de iluminação é uma esfera com pelo menos $1,5$ cm de diâmetro, pintada em cor branca fosca, com uma base plana. Deve-se distribuir pelo menos três desses gabaritos ao longo das bordas da quadrícula. A esfera deve ser rígida, lisa, e bem esférica.

6. Cada gabarito geométrico deve ser um paralelepípedo rígido, com dimensões $2 \times 2 \times 5$ cm, pintado num tom médio de cinza, com uma marca nítida e precisa bem no centro de sua face superior.

7. Devem ser usados dois desses gabaritos, nos dois cantos da quadrícula mais afastados do operador.

8. A altura de cada gabarito geométrico deve ser medida com paquímetro e registrada na documentação das imagens.

9. A base do gabarito devem ser perfeitamente perpendicular aos lados. Para conferir este ponto, deve-se colocar o gabarito de pé sobre um espelho, e verificar com uma régua se as arestas verticais estão alinhadas com seu reflexo, com desvio menor que $0,5$ mm. Desvios podem ser corrigidos lixando-se a base, ou colando-se na mesma um pedacinho de papel, na posição adequada

10. As posições das marcas de referência dos gabaritos geométricos, em relação à quadrícula, devem ser constantes e medidas com grande precisão (frações de milímetro). Portanto recomenda-se que a base dos gabaritos geométricos meça exatamente 20×20 mm, e seja colada na quadrícula, cobrindo exatamente 4 células da mesma.

11. A posição dos outros gabaritos é menos critica, e não é necessário colá-los sobre o palco.

12. Ao redor de cada gabarito, dever ser demarcada na quadrícula uma zona de exclusão, onde não devem ser colocados fragmentos. Essa zona deve ser ampla o bastante para evitar que os gabaritos ocultem ou projetem sobra sobre os fragmentos, ou vice-versa, para qualquer das configurações de câmera e luzes a serem usadas (vide abaixo).

Nas imagens do acervo nós usamos como gabarito de iluminação um puxador de gaveta de madeira, de forma esférica, pintado com tinta guache branca. (Vide figura **??**). Porém constatamos, *a posteriori*, que esse objeto apresentava desvios da forma esférica, da ordem de 1–2 mm — que se implicam em desvios bastante significativos na direção normal em cada ponto. Esses desvios terão que ser medidos, e levados em conta na análise estereofotométrica.

3.3 Palco espelhado

A função do palco espelhado é produzir imagens adequadas das superfícies de fratura dos fragmentos, que, por sua forma e posição, não são claramente visíveis nas imagens frontais.

Sua construção é semelhante ao palco simples, exceto que a parte interna da quadrícula é recortada, e a moldura restante é montada sobre um espelho. Os fragmentos são dispostos sobre o espelho como no palco simples, mas fotografados obliquamente, a um ângulo de 30–45 graus com a horizontal.

Obtém-se assim duas imagens razoavelmente frontais da parte mais próxima da superfície de fratura — a imagem direta, e seu reflexo no espelho. Estas duas imagens permitem a determinação da terceira dimensão por estereoscopia geométrica. Na verdade, elas são especialmente adequadas para esse fim, pois as condições de iluminação são rigorosamente idênticas, e a relação geométrica entre elas é conhecida com mais precisão – pois a "câmera virtual" da imagem refletida é o reflexo da câmera real no espelho. Em particular, as linhas epipolares são facilmente determinadas, pois correspondem às linhas perpendiculares à superfície do espelho; e seu emparelhamento é trivial (cada linha com ela mesma). Veja-se a figura **??**. Além disso a separação angular entre os dois pontos de vista (real e refletido) é substancial (60 a 90 graus), o que implica em maior precisão nas profundidades calculadas. Vale notar que, mesmo com essa separação grande, a natureza e formato da superfície de fratura fazem com que a maioria de seus pontos é visível nas duas imagens.

As demais partes da fratura podem ser capturadas rodando-se o fragmento em torno do seu eixo vertical. Considerando-se a forma irregular dessa superfície, é prudente usar pelo menos 8 vistas, em vez das 4–6 que seriam suficientes para objetos mais simples.

A quadrícula do palco espelhado dever ter formato e dimensões diferentes da do palco simples, a fim de melhor aproveitar a área da imagem sob enquadramento oblíquo.

O palco espelhado é usado com os mesmos gabaritos geométricos e de tonalidade do palco simples. Por outro lado, consideramos que os gabaritos de iluminação (esferas brancas) seriam de pouca valia. A presença do espelho, da moldura, e a proximidade dos outros objetos devem introduzir muita variabilidade no campo e iluminação, o que signfica que os valores medidos nos gabaritos não poderiam ser facilmente interpolados para os fragmentos. Por outro lado, cada um desses gabaritos ocupa uma zona de exclusão de pelo menos $16\,\mathrm{cm}^2$ — num palco cuja capacidade já é bastante reduzida, por causa da a vista oblíqua e os reflexos dos fragmentos. Portanto, resolvemos excluir os gabaritos de iluminação — e confiar que a esteroscopia geométrica, neste caso, produzirá modelos 3D com precisão adequada.

Na verdade, ainda é possível tentar usar técnicas de estereofotometria nestas imagens, pois boa parte da fratura está visível em duas ou mais imagens — sendo que, entre elas, a iluminação permaneceu fixa mas o objeto foi rodado por 45 ou 90 graus. Pretendemos investigar esta possibilidade, na eventualidade da estereoscopia geométrica não dar os resultados esperados.

1. A moldura do palco espelhado é uma quadrícula de $17 \times 23\,\mathrm{cm}$, com células de $1\,\mathrm{cm}$.

2. As coordenadas das linhas verticais e horizontais da quadrícula devem ser impressas ao longo das quatro bordas (em negrito, 14 pt).

3. A parte interna da quadrícula deve ser removida, deixando apenas uma faixa de $5\,\mathrm{mm}$ ao longo da borda, e as áreas de exclusão dos gabaritos (vide abaixo).

4. A moldura de papel resultante deve ser afixada num espelho, de pelo menos $??\times??\,\mathrm{cm}$.

5. A moldura deve ficar perfeitamente plana e esticada, sem calombos ou rugas, e com os lados da quadrícula exatamente perpendiculares entre si. Para garantir este último ponto, deve-se medir as duas diagonais da quadrícula, e corrigir a posição dos cantos até que a diferença entre essas medidas seja imperceptível (não mais que $0,25\,\mathrm{mm}$).

6. Para minimizar a deformação do papel e manter as marcas visíveis, sugere-se usar cola em bastão, ou cola *spray* para forografia, aplicadas no verso da moldura. A moldura também pode ser afixada com fita adesiva transparente fosca, desde que a mesma seja usada nas duas bordas (interna e externa) da moldura, e que excessos de fita sejam aparados.

7. Deve-se instalar pelo menos três séries de gabaritos de tonalidade ao longo da borda da quadrícula.

8. Nos cantos da quadrícula mais afastados do operador, devem ser instalados dois gabaritos geométricos. As especificações de forma e instalação são as mesmas do palco simples (seção **??**, itens 6–10).

9. A superfície do espelho deve ser mantida limpa, livre de poeira e de manchas gordurosas (incluindo impressões digitais).

Um defeito das imagens obtidas com o palco espelhado é a presença de "fantasmas" ou "ecos" sobrepostos à imagem virtual, devidos a reflexão da luz na superfície do vidro (além da reflexão desejada, no filme metálico).

O problema do reflexo fantasma poderia ser eliminado usando-se um espelho com metalização na superfície externa do vidro, como os espelhos usados em telescópios. Esta possibilidade deveria ser explorada num projeto de maior envergadura.

4 Captura das imagens

5 Ajustes da câmera

$\star$ [??? conferir???] Estas recomendações são específicas para a Sony Mavica CD 300, e possivelmente devem ser adaptadas e/ou complementadas para outras câmeras.

1. Desativar a opção de realce automático de bordas nas imagens (*image enhancing*).

2. Selecionar formato JPEG.

3. Selecionar qualidade máxima de imagem (*high qualiry*).

4. Selecionar modo de prioridade para abertura (*aperture priority mode*), e selecionar a menor abertura de lente disponível (F8.0). Ignorar eventuais avisos de luz insuficiente.

5. Desativar o *flash*.

6. Usar sempre o temporizador, ou um acionador remoto, para disparar a câmera. (Vide seção 5.1).

5.1 Consideraçãoes gerais para fagmentos

Esta seção se aplica a fragmentos relativamente planos, como os ilustrados na figura 2. Para tais peças, recomenda-se obter 6 imagens de cada uma das duas faces principais, no palco simples, e 8 imagens da borda, no palco espelhado.

Missing figure misc-008-frags-07-1a.eps

Figura 2: Fragmentos típicos de cerâmica arqueológica indígena.

1. É mais eficiente fotografar um conjunto grande de fragmentos sobre o palco simples, e depois todos novamente sobre o palco de espelho, do que ficar alternando entre um palco e outro.

2. Uma *batelada* é um conjunto de fragmentos que são fotografados simultâneamente. As bateladas do palco de espelho são necessariamente menores que as do palco normal.

3. As bateladas não precisam ter relação com a numeração dos fragmentos estabelecida pelo museu, ou com a divisão destes em lotes (caixas, sacos, gavetas) utilizada no depósito. Porém, na medida do possível, cada batelada deve conter fragmentos de um único lote, ou no máximo dois lotes próximos; e nenhuma batelada deve incluir dois fragmentos com mesmo rótulo.

4. Nos dois palcos, o espaçamento entre os fragmentos deve ser tal que nenhum fragmento oculte ou projete sombra sobre qualquer parte do outro, com qualquer das lâmpadas.

5. No caso de fragmentos polidos, estes devem ser inclinados com calços, se necessário, de forma a evitar que reflexos diretos para a câmera, de cada uma das lâmpadas.

6. a distância da câmera ao palco deve ser ajustada de modo que este último ocupe a maior parte possível da imagem.

7. Por outro lado, deve-se tomar cuidado com o enquadramento para não excluir nenhuma parte do palco, incluindo os quatro cantos da quadrícula e os gabaritos, com uma margem de segurança de 1 cm.

8. A distância da câmera deve ser determinada com o *zoom* ótico fixo na ampliação máxima, (mas sem ativar o *zoom* digital). Quaiquer ajustes de enquadramento devem ser feitos movendo-se a câmera, sem tocar no *zoom*.

9. Na medida do possível, procurar manter as posições das luzes, câmera e palco mais ou menos constantes ao longo de todo o projeto. Para isso, recomenda-se marcar essas posições na mesa de trabalho e no chão.

10. Usar roupa de cor escura ao fotografar os objetos, a fim de reduzir as variações na iluminação indireta entre uma foto e outra.

11. Antes de tomar cada foto, verificar no visor da câmera se todo o palco e gabarito estão enquadrados, sem cortes. (Note que a área da imagem é menor que a mostrada no visor.)

12. Selecionar acionamento por temporizador. (Na Sony CD-300, este passo precisa ser repetido para cada imagem.)

13. Antes de acionar a câmera, verificar o enquadramento

14. Após acionar a câmera, evitar qualquer contato com a mesma, ou movimentos bruscos, até que o temporizador dispare.

5.2 Documentação das atividades

1. Os dados de cada batelada devem ser registrados num formulário apropriado, no decorrer dos trabalhos.

2. O formulário deve conter dados de identificação dos fragmentos (nome do sítio, numero do lote, etc.), suficientes para localizar os fragmentos, mesmo depois que eles forem devolvidos ao depósito.

3. Os números dos fragmentos de cada batelada devem ser anotados no formulário, na mesma disposição (fileiras e colunas) em que foram fotografados.

4. No formulário também devem ser registrados os números das imagens capturadas (atribuídos pela câmera), e a posiçao de cada imagem na série correspondente (vista, luz, e face para as imagens com palco simples, e número de rotações de 45 graus, nas imagens sobre o espelho.

5. Ocorrências não previstas e desvios do protocolo devem ser anotados no formulário. Em particular, fotos estornadas ou duplicadas devem ser identificadas como tal.

6. Cópias impressas dos formulários devem ser arquivadas junto com os CDs brutos gravados pela câmera.

5.3 Uso do palco simples

O protocolo abaixo refere-se à serie de imagens sobre o palco simples:

1. A câmera deve ser posicionada diretamente sobre o centro do palco, ou o mais próximo disso que for permitido pelo tripé e ambiente.

2. Na verdade, serão usadas duas posições da câmera, *vista esquerda* e *vista direita*, com deslocamentos laterais opostos de 10 cm em relação à posição média acima.

3. Os objetos serão iluminados por três lâmpadas, em posições regularmente espaçadas.

4. As lâmpadas devem ser posicionadas de modo a iluminar todo o palco de maneira razoavelmente uniforme, incluindo as margens da quadrícula, sem sombras espúrias (incluindo tripés, suportes, etc.).

5. Para cada lâmpada, a direção da luz deve formar um ângulo de 45 a 60 graus com a vertical. As sombras dos gabaritos não devem se estender além dos limites marcados no palco.

6. No posicionamento das lâmpadas, deve-se evitar a direção simétrica (refletida) à da câmera.

7. Deve-se observar uma distância mínima de 2 cm entre fragmentos no palco simples. A distância deve ser maior em torno de fragmentos muito espessos ou tridimensionais, com sombras maiores.

8. Para facilitar a segmentação e rotulação das imagens, recomenda-se usar um arranjo regular em fileiras, com posições alternadas em cada fileira (*quíncuce*).

9. Os gabaritos de cor (etiquetas cinza) e de iluminação (esferas brancas) devem estar bem iluminados.

10. Devem ser tiradas 12 imagens de cada batelada. Nas 6 primeiras, todos os fragmentos devem estar com sua face rotulada ("frente") para cima, orientados de modo que os rótulos na imagem possam ser lidos da esquerda para a direita. Nas 6 imagens seguintes, os fragmentos devem estar virados com a face rotulada para baixo ("verso"). Veja a figura 3.

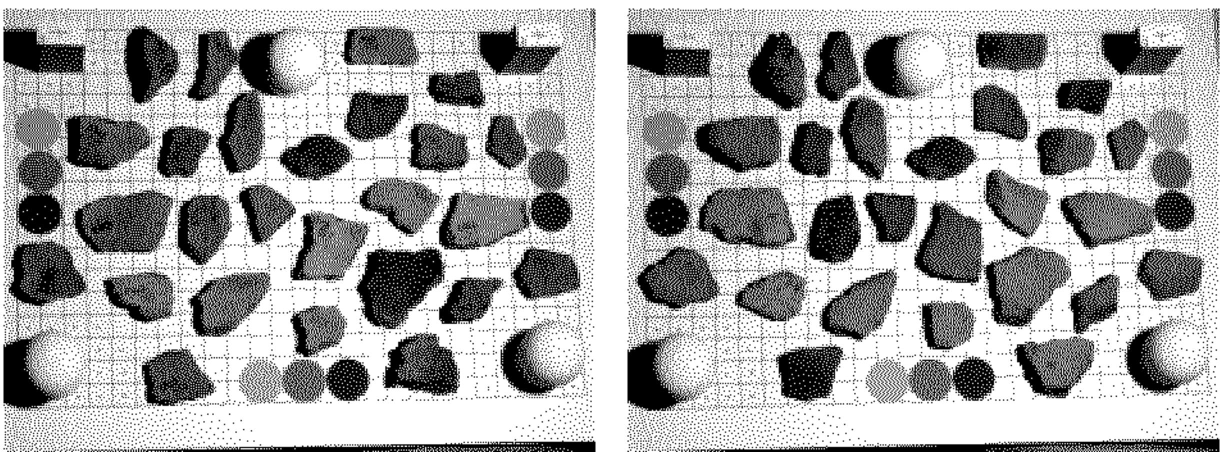


Figura 3: Virando os fragmentos para fotografar o verso.

11. Para cada face dos framentos, devem ser tiradas 3 imagens com a câmera na vista esquerda, com cada uma das lâmpadas; e três imagens na vista direita, com as mesmas lâmpadas.

12. O palco, as lâmpadas, e todos os fragmentos devem permanecer rigorosamente imóveis durante cada série de 6 fotos. Caso algum desses itens seja acidentalmente deslocado, a série inteira de 6 fotos deve ser refeita.

13. Além disso, durante cada sub-série de 3 fotos em que as lâmpadas estão sendo variadas, a câmera também deve permanecer rigorosamente imóvel. Caso ela seja acidentalmente deslocada, todas as 3 fotos devem ser refeitas.

14. Ao virar cada fragmento, para fotografar o verso, deve-se preservar sua posição relativa à quadrícula. (Não é necessário preservar sua orientação.)

5.4 Uso do palco espelhado

O protocolo abaixo se refere às imagens sobre o palco espelhado. Nesta fase, são obtidas 8 imagens de cada batelada. Entre uma imagem e outra, a câmera e as luzes permanecem fixas, mas todos os fragmentos são rodados de 45 graus em torno de seu eixo vertical.

1. O palco espelhado deve ser orientado de forma que o lado mais estreito, onde estão os gabaritos geométricos, fique na posição mais afastada da câmera.

2. A câmera deve ser posicionada na direção oposta aos gabaritos geométricos, apontando aproximadamente 45 graus ★[??? medir] para baixo. Veja a figura **??**.

3. A distância e inclinação da câmera devem ser tais que o palco preencha ao máximo a imagem, na sua orientação horizontal (*landscape*). Veja a figura 4.

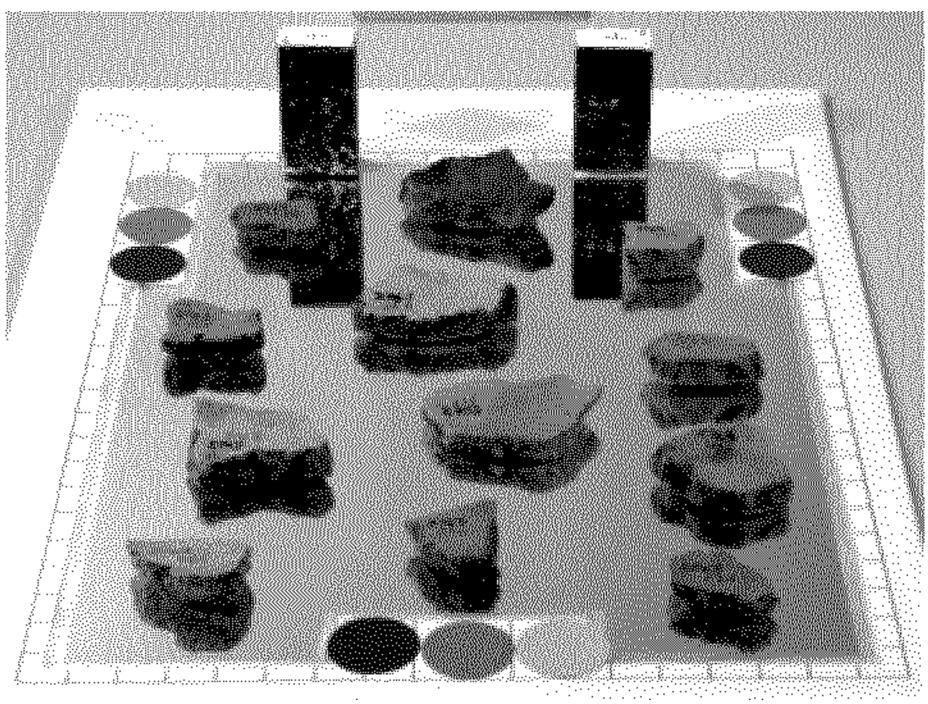


Figura 4: Enquadramento adequado para imagens com palco espelhado.

4. Para o palco espelhado, devem ser usadas duas lâmpadas posicionadas a cada lado da câmera, a 30-45 graus da direção da câmera e a 45 graus da horizontal. Veja a figura **??**

5. A distância entre os fragmentos deve ser suficiente para que a imagem de cada peça, *incluindo todo seu reflexo no espelho*, seja inteiramente visível e separada das demais, e para que nenhum fragmento projete sombra sobre o outro — em quaisquer das suas 8 rotações.

   Ou seja, para uma peça de diâmetro D, deve ser reservada mentalmente uma zona circular exclusiva, com diâmetro D, deixando-se 2–3 cm adicionais entre as zonas para acomodar reflexos e sombras. A distância deve ser aumentada proporcionalmente à altura dos fragmentos.

6. Para aproveitar melhor o espaço, recomenda-se usar um arranjo em fileiras transversais, com fragmentos em posições alternadas em cada fileira.

7. Se os fragmentos de várias bateladas seguidas têm tamanhos similares, pode ser conveniente marcar previamente as posições dos centros de cada fragmento no palco, por exemplo com uma caneta para transparências do tipo não-permanente. Tomar cuidado para que as marcas sejam completamente cobertas pelos fragmentos.

8. A parede oposta ao palco deve ser coberta com uma cartolina de cor absolutamente uniforme, para evitar que seu reflexo no espelho confunda o mecanismo de auto-foco da câmera.

9. Na primeira foto de cada batelada, os fragmentos devem ser dispostos com a face rotulada para cima, oriantados de modo que os rótulo possa ser lido na imagem da esquerda para a direita.

10. Em cada foto da série, todos os rótulos devem estar apontando na mesma direção — a 45 graus da direção anterior, no sentido horário.

11. Ao rodar cada fragmento, seu centro deve permanecer numa posição fixa em relação ao palco.

5.5 Objetos grandes

Lembramos que o protocolo acima é especializado para fragmentos quase planos, com fraturas irregulares nas bordas que precisam ser modeladas com grande precisão. Essas características e objetivos não se aplicam a objetos inteiros, e partes substanciais de objetos inteiros, que portanto exigem um protocolo diferente.

Há que se decidir se o objetivo é obter fotos estéticamente agradáveis, para fins educativos e de divulgação público em geral — incluindo publicação em catálogos, livros, revistas, sites, etc.; ou imagens técnicas, adequadas para pesquisas arqueológicas e como dados para modelagem gráfica e manipulação virtual. No primeiro caso, este projeto não tem nada de novo a acrescentar às orientações dos manuais de fotografia e à experiência dos fotógrafos profissionais. No segundo caso, podemos oferecer o esboço de protocolo abaixo, baseado em nossa limitada experiência.

O número e natureza das imagens necessariamente depende da forma do objeto. De modo geral, para um objeto aproximadamente convexo, como um vaso, é necessário tirar 6 a 10 fotos para garantir que cada ponto do exterior está visível em pelo menos duas imagens, de direção suficientemetne próxima da normal. Além disso, se quisermos também imagens do interior, serão necessárias mais 2 a 6 fotos, dependendo do formato do recipiente.

Essas 8-16 imagens provavelmente seriam mais que suficientes para pesquisas arqueológicas e modelagem 3D por estéreo geométrico. Para estéreo fotométrico, entretanto, seria necessário obter um segundo conjunto de imagens, iluminadas em direção diferente. Ou seja, 16 a 30 imagens por objeto.

Com enquadramento ótimo, mesmo um objeto de $40\,\mathrm{cm}$ por $60\,\mathrm{cm}$ será digitalizado com uma resolução de aproximdamente $600/2000 = 0.3\,\mathrm{mm}/\,\mathrm{pix}$. Acreditamos que esta resolução será adequada para a maioria das pesquisas culturais e artísticas. Estudiosos de tecnologia cerâmica e técnicas decoração talvez necessitem de resolução maior, mas provavelmente ficarão satisfeitos com um par de imagens em *close* extremo, como a figura 5, com iluminação semi-rasante.

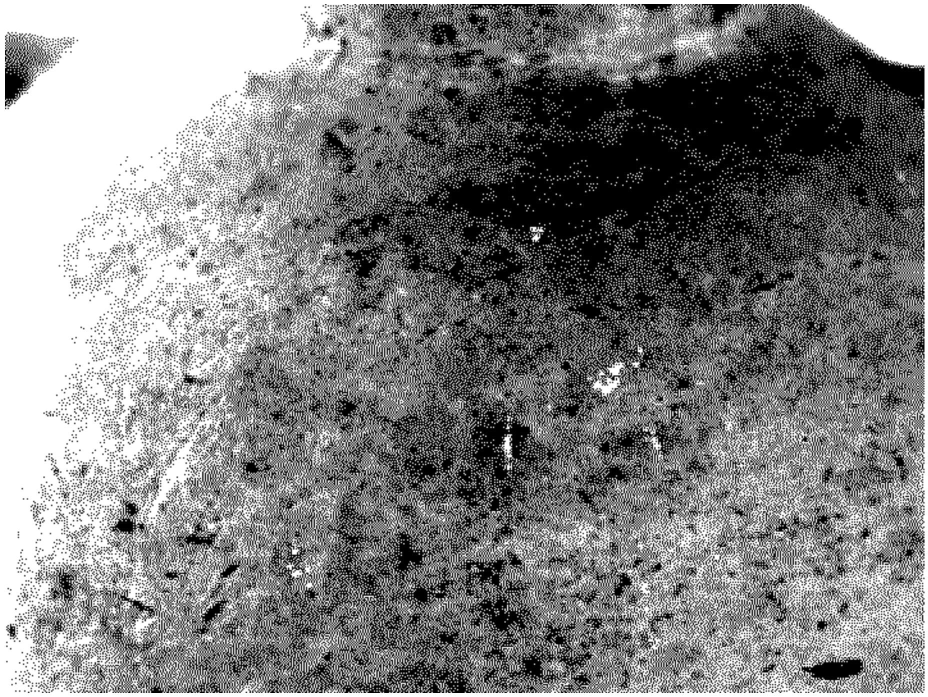


Figura 5: Imagem em *close* de um vaso cerâmico.

⋆ [Estudar e discutir o impacto da direção da luz na visibilidade de texturas e na reconstrução por estéreo fotométrico. Tirar imagens de teste, de fragmentos reais no IAB; se possível de cerâmicas com texturas variadas.]

1. As imagens devem ser tiradas num palco, consistindo de doispainéis planos e lisos, um vertical e um horizontal, com tamanho adequado para os objetos em questão.

2. Os painéis devem ser pintados de branco fosco, ou cobertos com papel branco não lustroso.

3. Em cada painel deve ser desenhada uma quadrícula com células de 5 cm de lado, com linhas pretas, espessas o bastante para serem registradas pela câmera.

4. Durante as sessões, a posição relativa das duas placas deve ser estável e conhecida. Sugere-se ligar as duas placas por dobradiças.

5. É extremamente importante que o ângulo entre as placas seja de 90 graus exatos. Para este fim, deve-se medir a diagonal do palco, entre dois pontos bem definidos nas bordas das placas, e comparar o resultado com a fórmula de Pitágoras $\sqrt{a^2 + b^2}$. Idealmente, o erro deve ser inferior a 1 mm.

6. Devem ser tiradas pelo menos 8 fotos do exterior, incluindo o fundo, de direções variadas. sugere-se tirar 4 fotos com o objeto na posição normal, com rotações seguidas de 90 graus; e outras 4 com o objeto invertido, com rotações de 90 graus, intercaladas com as primeiras, como ilustrado na figura **??**.

7. A câmera deve ser colocada na frente e acima do objeto, apontando para cerca de 45 graus abaixo da horizontal. Veja a figura **??**.

8. A orientação dos eixos da imagem (*portrait* ou *landscape*). deve ser adequada à forma do objeto.

9. Em cada imagem deve ser incluída também a escala padrão de tons de cinza (Kodak Q13). A escala deve ser colocada ao pé do objeto, afixada num suporte de modo a ficar voltada de frente para a câmera. A escala deve ser posicionada fora da sombra do objeto, e de modo que apareça em lugar convniente da imagem.

10. Não é necessário enquadrar todo o palco na imagem, mas é muito importante que sejam visíveis pelo menos seis pontos da quadrícula (pelo menos dois em cada plano), para fins de calibração geométrica .

11. As fotos devem ser tiradas num abiente escurecido, longe de objetos ou paredes de cores fortes.

12. Com as ressalvas acima, a distância da câmera ao palco deve ser ajustada de modo que o objeto ocupe a maior parte possível da imagem, com uma pequena margem de segurança.

13. Sugerimos utilizar três lâmpadas, dispostas como indicado na figura **??**. A lâmpada A deve ser quatro vezes mais potente que B e C (ou situada 50% mais perto), de modo a eliminar sombras mas manter variação monotônica de intensidade. ⋆[Discutir este tipo de iluminação na seção de estéreo fotométrico?]

14. As lâmpadas e a câmera devem permanecer fixas durante toda a seqüência de fotos do exterior.

15. Deve ser tirada também uma foto de um gabarito de iluminação — uma esfera pintada de branco fosco, de tamanho similar ao objeto e na mesma posição.

6 Edição do acervo

6.1 Acervo digital bruto

Após a digitalização, o próximo passe é montar o *acervo digital bruto*, que é simplesmente o conjunto de todas as imagens capturadas — sem qualquer processamento, e classificadas apenas por data e ordem cronológica de captura.

Para facilitar o processamento classificação das imagens, é importante que uma cópia *completa* do acervo bruto seja armazenada no disco rígido de um computador.

1. Cada CDs gravado pela câmera deve ser imediatamente marcado com um rótulo da forma `YYYY-MM-DD-SS`, onde `YYYY-MM-DD` é a data em que o CD foi finalizado, e `SS` é um número sequencial para distinguir dois ou mais CDs gravados no mesmo dia.

2. Cada CD gravado deve ser o quanto antes copiado para o disco rígido de um computador, e arquivado em lugar seguro.

3. O disco deve ter espaço suficiente para armazenar o acervo completo

4. Ao fotografar os fragmentos, deve-se usar CDs graváveis uma única vez (CD-Rs) em preferência a re-graváveis (CD-RW).

5. No computador, o conteúdo de cada CD deve ser colocado num diretório-espelho, cujo nome é o rótulo do CD, `YYYY-MM-DD-SS`. O conteúdo desse diretório deve ser uma cópia fiel e integral do CD, com os mesmos nomes de arquivos e sub-diretórios atribuídos pela câmera.

6. Dependendo do sistema operacional usado na cópia dos arquivos, os nomes dos mesmos podem ficar em minúsculas ou em maiúsculas. A escolha é indiferente, mas é importante que todos os arquivos deste acervo bruto.

7. Uma vez criados esses diretórios, seu conteúdo não deve mais ser alterado, e ele deve ser protegido contra escrita acidental.

8. Devem ser feitas cópias de *backup* do acervo brutos em CD-Rs comuns (de 600 MB), o mais cedo possível.

9. Arquivar cópias *backup* completas do acervo, em CD-Rs, em pelo menos dois prédios separados.

6.2 Classificação inicial e rotulação das imagens

O passo seguinte é o exame e classificação manual das imagens do acervo bruto. Nesta etapa, as imagens espúrias e inadequadas são eliminadas, e os fragmentos visíveis nas demais são identificados e rotulados eletronicamente. O resultado é o *acervo semi-classificado*.

A reclassificação pode ser feita de maneira prática e eficiente em sistemas operacionis, como o Unix e derivados, que implementam a noção de *link simbólico* – essencialmente, um item de um diretório que se comporta como um arquivo comum para leitura, mas que na verdade é apenas um apontador para outro arquivo arbitrário. Nesses sitemas, o acervo classificado pode ser realizado na forma de uma segunda árvore de diretórios, contendo apontadores para as imagens no arquivo bruto — com nomes mais sugestivos, e agrupados de maneira mais lógica.

A razão para o *semi* no nome é que, nesta fase, ainda não é possível agrupar todas as imagens de um mesmo fragmento — pois, como explicado acima, as bateladas de palco simples nõrmalmente não coincidirão com as de palco espelhado. Portando, nesta etapa, recomendamos separar as imagens em cinco grupos principais, conforme a sistemática usada na digitalização; e depois por batelada, dentro de cada grupo.

`stds` Séries sistemáticas de $2 \times 2 \times 3$ imagens, obtidas com o palco simples.

`mirr` Séries sistemáticas de 8 imagens obtidas no palco espelhado.

`objs` Séries semi-sistemáticas de imagens de objetos inteiros ou parcialmente inteiros.

`objs` Séries não sistemáticas de imagens de objetos e fragmentos.

`misc` Miscelânea - imagens avulsas, espúrias, defeituosas, para fins especiais, de calibração, etc..

Esta divisão facilita o processamento das imagens, que é diferente para cada categoria.

1. Criar um novo diretório para acervo classificado, com sub-diretórios separados para as cinco categorias acima.

2.

⋆ [Em elaboração]