

MESTRADO
MEDICINA LEGAL

Análises morfométrica e elementar de lesões incisas em osso fresco e queimado

Ana Filipa Cunha



Ana Filipa Cunha. Análises morfométrica e elementar de lesões incisas em osso fresco e
queimado

M.ICBAS 2021

**Análises morfométrica e elementar de lesões incisas em osso fresco e
queimado**
Ana Filipa Cunha



Ana Filipa Henriques Clérigo Calhau da Cunha

Análises morfométrica e elementar de lesões incisais em osso fresco e queimado

Dissertação de Candidatura ao grau de Mestre em Medicina Legal submetida ao Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto.

Orientador – Prof. Doutora Nathalie Antunes-Ferreira.

Categoria – Professora Auxiliar.

Afiliação – Instituto Universitário Egas Moniz.

Co-orientador – Prof. Doutora Maria José Pinto da Costa.

Categoria – Professora Associada Convidada.

Afiliação – Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto.

AGRADECIMENTOS

O primeiro agradecimento é dirigido à Prof. Doutora Nathalie Antunes-Ferreira que, num dos anos mais conturbados da vida de todos, abraçou este projeto sem hesitar, guiando-me durante estes meses de forma magistral. Foi a minha orientadora, no sentido literal da palavra, pelo que, sem ela, nada disto teria sido possível.

Um obrigado especial à Prof. Doutora Maria José Pinto da Costa, a minha co-orientadora, que, mesmo à distância, se fez sempre presente, com uma palavra amiga e de incentivo. Ademais, todo o conhecimento que me transmitiu nestes últimos dois anos é inestimável, pelo qual ser-lhe-ei eternamente grata.

Agradeço, igualmente, a todos os colaboradores e docentes do Instituto Universitário Egas Moniz que tão bem me receberam, tendo o seu apoio sido fundamental à conclusão desta dissertação, nomeadamente: Prof. Doutor Alexandre Quintas, Prof. Doutor António Alves de Matos, Prof. Doutora Catarina Bernardes, Prof. Doutora Helena Barroso, Prof. Doutora Madalena Oom, Prof. Doutor Luís Proença, Dr. Pedro Henriques, Mestre Joana Couceiro, Susana Gonçalves, Natacha Inácio, Florinda Mendes, Eduarda Rodrigues, Eng. José Lopes, Davide Conceição, Jorge Proença e Rogério Martins.

Um agradecimento é devido aos Laboratórios Atral S.A., pela prontidão com que colaboraram connosco numa das etapas fundamentais deste projeto e, em especial, à Dra. Cristina Oliveira, que despendeu do seu tempo sem exigir algo em troca.

Cumpre-se um agradecimento ao Talho Morato & Oliveira, Lda., nomeadamente ao Sr. Luís Moura, pelo fornecimento das peças de carne com o maior dos cuidados e dedicação, bem como pelo entusiasmo que demonstrou ao longo deste projeto.

Por fim, mas não menos importante, o meu obrigada à família e amigos. Foram o meu pilar durante o ano mais exigente da minha vida académica, pelo que nunca vos poderei agradecer o suficiente por tanto que me deram. Espero, sinceramente, deixar-vos orgulhosos.

A todos, estarei eternamente agradecida.

RESUMO

A Antropologia Forense assume um importante papel na identificação e avaliação da etiologia médico-legal e respetiva causa de morte, especialmente na interpretação de lesões traumáticas que atingem o esqueleto e respetivos ossos. Destas, as lesões perfuro-incisas são de especial importância, já que estão associadas a um maior número de mortes de etiologia homicida em Portugal. Se a força aplicada ao objeto corto-perfurante for suficiente para penetrar os tecidos poderá atingir o osso, deixando uma marca que reflete as características do objeto agressor. Assim, é crucial explorar de uma forma mais sistemática a temática das marcas incisas em osso, nomeadamente naqueles cuja condição física é mais frágil, como é o caso dos queimados. Foi objetivo deste trabalho avaliar as características morfológicas, métricas e elementares da incisão que permitissem a eventual identificação do objeto agressor. As lesões foram marcadas em costelas de porco com tecidos moles e pele, por duas facas de cozinha distintas, incorporadas numa “guilhotina”, de forma a garantir a reprodutibilidade deste processo, nomeadamente o ângulo, direção e força do impacto. Posteriormente, a pele e tecidos moles foram removidos e as amostras divididas em dois grupos: (A) queimadas numa mufla; (B) maceradas. Ambos os grupos foram sujeitos a análise morfométrica e elementar. Os resultados demonstraram que a percentagem de incisões recuperáveis foi diminuta. Morfologicamente, tanto as lesões em osso fresco, como em queimado, apresentaram uma forma linear (vista superior), assim como em V quando vistas transversalmente. Às marcas incisas em osso fresco estava, igualmente, associado um aspeto mais irregular, nomeadamente pela presença de lascas ósseas. Em relação à identificação do objeto agressor, a distinção entre dois objetos de morfologia semelhante foi praticamente impossível através da análise da marca incisa. A queima das amostras revelou diferenças estatisticamente significativas, ao nível da incisão, nas variáveis: largura, ângulo de abertura e ângulo do pavimento direito. Na análise elementar das lesões foi possível identificar resíduos metálicos de ferro e crómio em osso queimado, embora em quantidade reduzida e com uma distribuição irregular. Já no grupo dos ossos frescos, a análise elementar revelou-se pouco eficaz na identificação de resíduos metálicos provenientes do objeto agressor.

Palavras-chave: Antropologia Forense, lesões incisas, ossos queimados, SEM-EDS, trauma corto-perfurante.

ABSTRACT

Forensic Anthropology takes an active role in determining the cause and manner of death, especially in interpreting skeletal trauma. Of this, sharp force trauma is of particular importance, as it is associated with most homicidal deaths in Portugal. If the force applied by the sharp or pointed weapon is sufficient to penetrate all tissues, it can hit the bone, leaving a mark that reflects the characteristics of the object used. Thus, it is of utmost importance to research cut marks on bone, namely those whose physical condition is more fragile, such as burned bones. This work has attempted to identify unique characteristics in morphology, dimensions, and elemental composition that enables the identification of the murder weapon. The lesions were marked on pig ribs with soft tissues and skin, using two different kitchen knives, loaded on a guillotine, which allowed the control of all associated variables, ensuring the reproducibility concerning direction, angle, and force of impact. Subsequently, the skin and soft tissues of the ribs were removed, and the bone samples were divided into two groups: (A) burned in a muffle furnace and (B) macerated. Both groups were subject to morphometric and elemental analysis. The results revealed that the percentage of recoverable cut marks could be small. In terms of morphology, both fresh and burned bone incisions presented linear shape, as well as V-shape in cross-section. The cut marks on fresh bone were associated with a more irregular appearance, namely due to the presence of bone flakes. Regarding the identification of the instrument, the distinction between two with very similar morphologies was practically impossible through the analysis of the cut mark. Sample burning caused statistically significant changes in the width, opening angle, and right floor angle of the incisions. With elemental analysis, it was possible to identify metallic residues of iron and chromium in burned bone, although in a reduced amount, and with an irregular distribution. In the group of fresh bones, elemental analysis proved to be ineffective in identifying metallic residues from the murder weapon.

Keywords: cut marks; forensic anthropology; burned bones; sharp force trauma; SEM-EDS.

ÍNDICE

RESUMO	4
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
GLOSSÁRIO	10
ABREVIATURAS	11
ELEMENTOS QUÍMICOS	11
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Tema da pesquisa	12
1.2. Objetivos	13
1.3. Relevância da investigação	14
1.4. Estrutura da dissertação	14
2. ESTADO DE ARTE	15
2.1. “Tripla distinção” – lesões <i>ante mortem</i> , <i>peri mortem</i> e <i>post mortem</i>	15
2.2. Traumatismos ósseos	16
2.3. Mecanismo corto-perfurante	18
2.4. Análise de marcas incisais em osso fresco	20
2.5. Ossos queimados	23
2.6. Análise de marcas incisais em osso queimado	28
2.7. Modelo animal	32
2.8. Microscopia	33
2.9. Análise elementar	36
3. MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1. Modelo animal	39
3.2. Dispositivo tipo “guilhotina” e objetos agressores	40
3.3. Queima e maceração	42
3.4. Análise microscópica e processamento de imagens	44
3.5. Análise elementar	45
3.6. Análise estatística	46
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1. Análise morfológica	47
4.2. Análises métrica e estatística	51
4.3. Análise elementar	57

5. CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
REFERÊNCIAS JORNALÍSTICAS	80
ANEXOS	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Anatomia da faca	19
Figura 2 - Abordagem adotada na análise de marcas incisais segundo Alunni-Perret e colaboradores (2010) e Symes e colaboradores (2012).....	20
Figura 3 - Características morfológicas de incisões produzidas por facas serrilhadas e não serrilhadas	22
Figura 4 - Alterações da coloração da superfície óssea, resultado das alterações químicas com o aumento da temperatura	26
Figura 5 - Razão Ca/P na análise elementar de osso	37
Figura 6 - Tórax de <i>Sus scrofa domesticus</i> antes da marcação das lesões: A) vista interna; B) vista externa	39
Figura 7 - Dispositivo fixo (“guilhotina”): A) vista anterior; B) vista posterior	40
Figura 8 - Facas: A) pequena; B) grande	41
Figura 9 - Mufla Heraeus KR 260 E	43
Figura 10 - Variáveis analisadas	44
Figura 11 - A) Microscópio eletrônico de varrimento Jeol JMS-5400; B) suporte e amostra	46
Figura 12 - Fraturas longitudinais no local da marca incisal	47
Figura 13 - Osso fresco: A) costela; B) marca incisal (vista superior); C) marca incisal (vista lateral).....	49
Figura 14 - Fraturas observadas nos ossos queimados: A) laminação; B) longitudinal e transversa; C) transversa curva; D) pátina.....	50
Figura 15 - Osso queimado: A) costela; B) marca incisal (vista superior); C) marca incisal (vista lateral)	51
Figura 16 - Boxplot para as variáveis que apresentaram diferenças estatisticamente significativas em osso queimado: A) largura; B) ângulo PD; C) ângulo PE	55
Figura 17 - Controle para a faca pequena: A) imagem SEM; B) espectro SEM-EDS	58
Figura 18 - Controle para a faca grande: A) imagem SEM; B) espectro SEM-EDS	58
Figura 19 - Controle para o osso fresco: A) imagem SEM; B) espectro SEM-EDS	59
Figura 20 - Controle para o osso queimado: A) imagem SEM; B) espectro SEM-EDS	60
Figura 21 - A) Partícula metálica em osso queimado (faca pequena); B) espectro SEM-EDS correspondente	63
Figura 22 - A) Partícula metálica em osso queimado (faca grande); B) espectro SEM-EDS correspondente (I).....	64
Figura 23 - A) Partícula metálica em osso queimado (faca grande); B) espectro SEM-EDS correspondente (II).....	64
Figura 24 - A) Aglomerado irregular de resíduos metálicos em osso queimado (faca grande); B) espectro SEM-EDS correspondente.....	65
Figura 25 - A) Partícula metálica em osso queimado (faca grande); B) espectro SEM-EDS correspondente (III).....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Alterações no osso decorrentes da exposição ao calor	25
Tabela 2 - Características métricas das facas	42
Tabela 3 - Percentagem de marcas incisais recuperadas	47
Tabela 4 - Características morfológicas no grupo dos ossos frescos	49
Tabela 5 - Percentagem (%) do tipo de fratura nos ossos queimados	50
Tabela 6 - Características morfológicas no grupo dos ossos queimados	51
Tabela 7 - Estatística descritiva das medidas obtidas em osso fresco e queimado de acordo com o tipo de faca	53
Tabela 8 - Comparação entre as marcas incisais em osso fresco produzidas pela faca grande e faca pequena	54
Tabela 9 - Comparação entre as marcas incisais em osso queimado produzidas pela faca grande e faca pequena	54
Tabela 10 - Comparação entre as marcas incisais de ossos frescos e queimados produzidas pela faca pequena	56
Tabela 11 - Comparação entre as marcas incisais de ossos frescos e queimados produzidas pela faca grande	57
Tabela 12 - Análise elementar para a faca pequena (controlo).....	58
Tabela 13 - Análise elementar para a faca grande (controlo).....	58
Tabela 14 - Análise elementar para o osso fresco (controlo).....	59
Tabela 15 - Análise elementar para o osso queimado (controlo).....	60
Tabela 16 - Quadro resumo dos elementos químicos identificados no grupo dos ossos frescos e razão Ca/P	61
Tabela 17 - Quadro resumo dos elementos químicos identificados no grupo dos ossos queimados e razão Ca/P	66

GLOSSÁRIO

Altura máxima do ressalto- altura medida, perpendicularmente, entre o pavimento da marca incisa e a extremidade superior da maior elevação da margem.

Ângulo de abertura- ângulo formado entre as duas paredes da marca incisa.

Ângulo de superfície da incisão- ângulo formado entre a face lateral da costela e o pavimento da lesão.

Ângulo do pavimento direito- ângulo formado entre o pavimento da incisão e a sua parede direita.

Ângulo do pavimento esquerdo- ângulo formado entre o pavimento da incisão e a sua parede esquerda.

Artefacto- qualquer alteração da imagem final com introdução de detalhes que não estão presentes na amostra em análise.

Comprimento- distância mínima entre o início e o fim da marca incisa.

Largura- distância mínima entre as margens da marca incisa, medida à superfície do osso.

Margem- limite lateral da marca incisa na sua superfície.

Parede- limite lateral da marca incisa, que promove a ligação entre o seu pavimento e respetiva margem.

Pavimento- limite inferior da marca incisa.

Profundidade- distância máxima entre o pavimento da marca incisa e a superfície do osso.

Raio do pavimento- raio do círculo cujo perímetro é tangencial às duas paredes da marca, bem como ao seu pavimento.

Voxel- representação de um valor num espaço tridimensional.

ABREVIATURAS

μCT – Micro-tomografia computadorizada

Ab - Abertura

EDS – Espetroscopia de dispersão de energia de raios-X

FPF – Faca pequena fresco

FGF – Faca grande fresco

FPQ – Faca pequena queimado

FGQ – Faca grande queimado

ICBAS – Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar

IUEM – Instituto Universitário Egas Moniz

PD – Pavimento direito

PE – Pavimento esquerdo

PMI – Intervalo *post mortem*

SEM – Microscopia eletrônica de varrimento

TF – Tecido fresco

TQ – Tecido queimado

ELEMENTOS QUÍMICOS

C - Carbono

Ca - Cálcio

Cl - Cloro

Cr - Crômio

F - Flúor

Fe - Ferro

K - Potássio

Mg - Magnésio

Na - Sódio

O - Oxigénio

P - Fósforo

Si - Silício

1. INTRODUÇÃO

1.1. Tema da pesquisa

Numa investigação médico-legal, o antropólogo é muitas vezes chamado a intervir no auxílio à determinação da causa de morte e etiologia médico-legal. Esta tarefa pode envolver a análise de traumatismos, muitas vezes dificultada pelo estado de decomposição do cadáver ou, até mesmo, a sua completa esqueletização (Cunha & Pinheiro, 2006).

No que diz respeito às lesões traumáticas, destacam-se as perfuro-incisas por serem aquelas que, em Portugal, são atribuídas a um maior número de mortes de etiologia homicida. Segundo o *Relatório Anual de Segurança Interna*, de 2020, 35% dos homicídios foram consumados com recurso a armas brancas, representando estas o objeto eleito dos agressores.

Nestes crimes o objeto agressor é frequentemente uma arma de conveniência, isto é, facilmente acessível num confronto impulsivo (Komo & Grassberger, 2018), sendo a faca de cozinha a mais utilizada (Hunt & Cowling, 1991; Ormstad *et al.*, 1986). Ao nível do corpo, o tronco constitui a área anatómica mais afetada (Ambade & Godbole, 2006; Banasr *et al.*, 2003; Cassidy & Curtis, 2005; Croft & Ferllini, 2007; Ferllini, 2012; Hunt & Cowling, 1991; Thompson & Inglis, 2009).

Vários estudos (e.g. Alunni *et al.*, 2018; Alunni-Perret *et al.*, 2010; Capuani *et al.*, 2014; de Gruchy & Rogers, 2002; Kooi & Fairgrieve, 2013; Macoveciuc *et al.*, 2017; Marciniak, 2009; Pope & Smith, 2004; Poppa *et al.*, 2011; Robbins *et al.*, 2014; Shaw *et al.*, 2011) têm evidenciado a importância do antropólogo forense na análise dos vestígios impressos no osso decorrentes de uma lesão perfuro-incisa (incisão), com vista à classificação – e eventual identificação – da arma do crime, sobretudo utilizando uma abordagem qualitativa. Outro aspeto realçado por investigadores como Bartelink e colaboradores (2001), Komo & Grassberger (2018) e Norman e colaboradores (2018) é a adoção de uma abordagem essencialmente qualitativa na maioria dos trabalhos, sendo a análise quantitativa de lesões perfuro-incisas em restos cadavéricos relativamente escassa, contando apenas com os trabalhos de Bartelink e colaboradores (2001), Komo & Grassberger (2018), Norman e colaboradores (2018) e Waltenberger & Schutkowski (2017). No que concerne à investigação em ossos queimados, somente

Alunni e colaboradores (2018) e Waltenberger & Schutkowski (2017) fizeram esta análise quantitativa. Para ambos, esta abordagem poderá, aliada à vertente qualitativa, fornecer informação mais detalhada acerca do objeto agressor, permitindo, idealmente, a identificação positiva desse objeto.

A análise das lesões perfuro-incisas é desafiante, sobretudo quando ocorre a tentativa intencional de destruição do cadáver (p.e.: queima dos restos cadavéricos), tornando as tarefas como a identificação da vítima, a determinação do intervalo *post-mortem* (PMI), o estabelecimento da causa de morte, assim como a avaliação de traumatismos bem mais complexas (Eckert *et al.*, 1988; Thompson *et al.*, 2017).

1.2. Objetivos

Pretende-se, através da adoção de uma abordagem essencialmente quantitativa, contribuir para uma melhor interpretação de lesões incisas em osso, nomeadamente, queimado. Por isso, o primeiro objetivo prende-se com a identificação das propriedades intrínsecas dos objetos agressores, refletidas ao nível da marca incisa, que possam ser aplicadas na distinção entre várias armas-problema e apuramento da arma do crime em contexto forense.

O segundo objetivo consiste na avaliação da aplicabilidade da análise morfométrica de lesões incisas em osso queimado, ou seja, o apuramento das propriedades intrínsecas de uma eventual arma do crime.

O último objetivo é a análise elementar das incisões, tanto em osso fresco como em osso queimado, através da espectroscopia de dispersão de energia de raios-X (EDS). A partir desta avaliar-se-á a compatibilidade entre a composição química de eventuais resíduos metálicos presentes na incisão realizada no osso e da faca utilizada, tendo como intuito determinar a sua aplicabilidade na identificação de armas do crime.

Por fim, é de salientar que se pretende reunir as análises elementar, morfológica e métrica das marcas incisas, antes e após a queima, não se pretendendo replicar todas as variáveis associadas a um homicídio real.

1.3. Relevância da investigação

A temática desta dissertação, apesar de não ser inédita, é pouco comum, sobretudo pela adoção de uma abordagem morfométrica essencialmente quantitativa na análise das lesões incisais. Relativamente à análise elementar de eventuais resíduos metálicos nestas lesões, apenas são conhecidos trabalhos em osso fresco, como os de Thompson & Inglis (2009), Gibelli e colaboradores (2012), Vermeij e colaboradores (2012). Para o osso queimado não foi encontrada literatura que tenha utilizado a EDS na análise de resíduos metálicos em incisões. Por conseguinte, esta abordagem é inédita em Antropologia Forense.

1.4. Estrutura da dissertação

A dissertação é constituída por cinco tópicos. No primeiro é introduzida a temática, bem como os principais objetivos e relevância da investigação. No segundo é feito o enquadramento teórico, a explicação de conceitos essenciais e um resumo dos principais trabalhos realizados sobre este tema. No terceiro é detalhada a metodologia adotada. No quarto são apresentados e discutidos os resultados obtidos. Por fim, no quinto tópico referem-se as conclusões, bem como são apresentadas as principais limitações e potencialidades deste trabalho.

2. ESTADO DE ARTE

2.1. “Tripla distinção” – lesões *ante mortem*, *peri mortem* e *post mortem*

A Antropologia Forense, como já referido, desempenha um importante contributo na identificação do indivíduo e na avaliação da etiologia médico-legal e respetiva causa de morte. Com efeito, procura estabelecer o perfil biológico do indivíduo (sexo, idade à morte, ancestralidade e estatura), bem como perscrutar nos ossos características individualizadoras (e.g. patologias, traumatismos, variantes anatómicas não patológicas) em cadáveres muito decompostos ou, até mesmo, completamente esqueletizados e que não permitem o reconhecimento dos mesmos através dos seus traços fisionómicos. Para além disso, auxilia o patologista na interpretação de lesões traumáticas que atingem os ossos (Cunha & Pinheiro, 2006), assunto que será desenvolvido adiante.

O estabelecimento da causa de morte constitui um dos objetivos principais num exame pericial, sendo, por conseguinte, imprescindível distinguir as lesões ocorridas durante a vida do indivíduo (*ante mortem*), no momento da morte (*peri mortem*) e as alterações tafonómicas (*post mortem*), isto é, a “tripla distinção” entre lesões (Cunha & Pinheiro, 2006). Esta análise pode permitir, em certas circunstâncias, a associação de determinado traumatismo ao momento da morte (Sauer, 1998).

Do ponto de vista osteológico o que caracteriza uma lesão *ante mortem* é a presença de resposta osteogénica, nomeadamente através de reabsorção ou deposição óssea (Blau, 2016; Cunha & Pinheiro, 2006; Hart, 2015; Moraitis *et al.*, 2009). Numa lesão *peri mortem* o osso comporta-se como “fresco”, ou seja, com algum grau de elasticidade resultante da sua composição orgânica rica em colagénio, podendo ocorrer dobragem óssea. Nestas, as superfícies de corte tendem a apresentar um aspeto cortante e irregular (Blau, 2016; Cunha & Pinheiro, 2006; Hart, 2015; Moraitis *et al.*, 2009). Os danos *post mortem* são atribuídos àqueles que ocorrem quando o osso perdeu parte da sua componente orgânica, comportando-se como um material quebradiço, quebrando sem deformar. Para além disso, as quebras apresentam superfícies de corte regulares e uma coloração distinta da superfície óssea adjacente (Blau, 2016; Cunha & Pinheiro, 2006; Hart, 2015; Moraitis *et al.*, 2009; Sauer, 1998).

A distinção entre lesões *peri mortem* e *post mortem* pode ser desafiante para o antropólogo forense (Kroman & Symes, 2013; Moraitis *et al.*, 2009). Se, para o patologista forense, é possível fazer a diferenciação entre lesões que ocorreram imediatamente antes da morte, e a seguir, pela presença ou ausência de sinais de vitalidade nos tecidos (Blau, 2016), para o antropólogo forense esta diferenciação é feita com base nas características biomecânicas do osso no momento do trauma (Blau, 2016; Galloway, 1999; Hart, 2015). Uma vez que o período de elasticidade óssea associado, na teoria, ao momento da morte, poderá prolongar-se devido a vários fatores, entre os quais o local de deposição do cadáver, torna-se uma tarefa complexa distinguir as lesões que estão associadas ao momento da morte, daquelas que não estão (Blau, 2016; Hart, 2015).

2.2. Traumatismos ósseos

Num contexto forense, a análise do trauma ósseo é extremamente importante, uma vez que, na ausência de tecidos moles, poderá ser a única evidência indicativa do mecanismo e causa de morte. Por isso, a sua correta compreensão e interpretação é essencial (Passalacqua & Rainwater, 2015). Como já foi referido, o antropólogo forense analisa entre outros parâmetros, as lesões traumáticas que atingem o osso. Torna-se, por conseguinte, fundamental definir o que se entende por traumatismo. Este é definido como a aplicação de força ao corpo humano suficiente para causar lesões, irritação ou inflamação aos tecidos moles, ossos ou dentes (Black & Ferguson, 2011; Blau, 2016).

O trauma ósseo é, por sua vez, definido como a modificação e, no limite, a quebra, do osso, como resultado do impacto, lento ou rápido, com um objeto (Blau, 2016; Symes *et al.*, 2012). É fundamental entender que esta modificação na morfologia óssea reflete não só a forma, área, massa, velocidade e direção do objeto que aplica a força externa (fatores extrínsecos), mas, também, a anatomia, densidade, composição mineral e força intrínseca do osso afetado (fatores intrínsecos) (Smith *et al.*, 2015).

Os fatores inerentes ao objeto produtor da lesão permitem a caracterização do mecanismo responsável pelo traumatismo ósseo em três categorias primárias - contundente, perfurante e cortante - sendo que a cada mecanismo está associada uma

determinada classe de objetos ou armas com uma gama própria e limitada de dinâmicas físicas e de impacto (Spatola, 2015).

O trauma contundente é o resultado de uma força aplicada lentamente (na ordem dos quilómetros por hora) sobre uma área focal do osso de tamanho variável (Blau, 2016; Spatola, 2015; Symes *et al.*, 2012). Por ser uma lesão traumática resultante de um impacto a uma velocidade moderada, o osso reage, primeiramente, como um material dúctil, apresentando deformação elástica. No entanto, se a pressão externa progredir, a morfologia óssea acabará por sofrer modificações irreversíveis – deformação plástica. Se a magnitude do stress provocado ultrapassar o limite de resistência elástica, o osso acaba por fraturar, sendo que as fraturas resultantes seguirão os pontos de menor resistência, até toda a energia cinética se dissipar (Blau, 2016; Cunha & Pinheiro, 2006; Smith *et al.*, 2015; Spatola, 2015).

O princípio subjacente ao mecanismo contundente prende-se com a energia cinética transferida do objeto agressor para o osso, sendo que quanto maior for a energia cinética aplicada, maior o dano causado. Porém, a capacidade do osso em resistir e absorver o impacto é um fator a considerar. Assim, uma superfície de contacto ampla permitirá a dispersão da energia cinética pelo osso, infligindo um dano menos acentuado do que aquele que seria esperado se a área focal fosse inferior (Cunha & Pinheiro, 2006; Symes *et al.*, 2012).

De realçar que, no entanto, os traumas de natureza contundente podem ser consequência, não só do impacto por um objeto dotado de energia cinética, mas também do impacto do próprio corpo contra uma superfície (Blau, 2016), podendo a etiologia médico-legal ser, evidentemente, homicida (e.g. agressão interpessoal) ou acidental (Cunha & Pinheiro, 2006).

Os traumatismos perfurantes estão, maioritariamente, associados aos danos causados pelos projéteis de armas de fogo. Quando comparado com o trauma contundente, o perfurante apresenta uma taxa de impacto muito superior (na ordem dos metros por segundo), proporcional à elevada transferência de energia cinética. Como consequência direta, verifica-se a incapacidade do osso em dobrar e deformar, uma vez que o limite de resistência elástica é rapidamente atingido. Por conseguinte, o osso fratura-se muito rapidamente (Blau, 2016; Spatola, 2015; Symes *et al.*, 2012). É de salientar que algumas fraturas associadas aos projéteis de armas de fogo podem ser incluídas no domínio do trauma contundente. Isto acontece porque o projétil perde alguma energia cinética antes do impacto com a vítima, percorrendo o seu trajeto a uma

velocidade substancialmente inferior (Blau, 2016; Symes *et al.*, 2012). Por fim, deve ser realçado que ao trauma perfurante estão associados outros objetos agressores, como setas, lanças e dardos, cujas velocidade e força de impacto são mais reduzidas do que as associadas às armas de fogo (Blau, 2016). Esta diferença é significativa ao nível da gravidade e extensão dos danos provocados (Di Maio, 1999).

A última classe de mecanismos de trauma é a cortante. Esta pode ser definida como uma força compressiva, de impacto lento, produzida por um objeto cortante numa área focal limitada. Pelo facto de a energia cinética envolvida neste mecanismo ser comparável àquela que define o trauma contundente, alguns autores, como Blau (2016) e Symes e colaboradores (2015), caracterizam os traumatismos cortantes como trauma contundente provocado por um objeto de natureza cortante. Deste mecanismo resulta a produção de um entalhe em V no osso (Cunha & Pinheiro, 2006), sendo as facas e serras os objetos agressores mais comuns (Blau, 2016; Symes *et al.*, 2012).

Dependendo do modo de aplicação de cada objeto, é, ainda, possível a multiplicidade de mecanismos traumáticos num mesmo evento. Assim, para além das três classes discretas de mecanismos traumáticos, é igualmente relevante a menção dos mecanismos mistos, apresentando as lesões resultantes características de ambos os mecanismos envolvidos: corto-contundente, perfuro-contundente e corto-perfurante. O exemplo clássico deste último é a faca, que tanto pode atuar de uma forma cortante, bem como corto-perfurante. A diferença entre ambos assenta, sobretudo, no ângulo com que o objeto agressor contacta com os tecidos cutâneo e moles e, subsequentemente, com o osso (Blau, 2016; Byard & Payne-James, 2016; Cunha & Pinheiro, 2006; Payne-James, 2016). Pelo facto do mecanismo corto-perfurante, bem como das lesões no osso que dele resultam, se constituírem como o tema desta dissertação, dar-se-á ênfase a ambos no tópico seguinte (“Mecanismo corto-perfurante”) (Blau, 2016; Cunha & Pinheiro, 2006; Payne-James, 2016).

2.3. Mecanismo corto-perfurante

O trauma de natureza corto-perfurante resulta na produção de lesões perfuro-incisas, que podem ser definidas como lesões mais profundas do que compridas (Saukko & Knight, 2004). Estas lesões são o resultado direto da ação de objetos

suficientemente afiados e estreitos para rasgar a pele, tecidos subcutâneos e tecido muscular, sendo a faca a mais comumente utilizada (Lynch & Duval, 2011), motivo pelo qual foi selecionada na presente investigação.

As facas (Figura 1) são objetos com lâminas finas que terminam numa ponta, frequentemente com um plano de bisel em ambos os lados, bem como fio de corte. Estas podem ser divididas em dois tipos, serrilhadas e não serrilhadas, exibindo as primeiras pequenas saliências incorporadas na lâmina (Symes *et al.*, 2012).



Figura 1 - Anatomia da faca [Adaptado de Gilchrist et al., (2008)].

Legenda: A – ponta; B – bisel; C – fio de corte; D – dorso; E – cabo.

No âmbito da investigação em Antropologia Forense, as lesões perfuro-incisas provocadas por facas assumem particular importância quando a força aplicada ao objeto utilizado é suficiente para danificar o esqueleto (Komo & Grassberger, 2018), deixando uma marca em forma de um pequeno entalhe em V no local de contacto entre o objeto e o osso, independentemente de se tratar de uma faca serrilhada ou não (Cunha & Pinheiro, 2006; Haglund & Sorg, 2001; Symes *et al.*, 2012).

Symes e colaboradores (2012) defendem que a marca deixada pelo objeto agressor no osso se deve dar a designação de “incisão”, ao invés de “lesão perfuro-incisa” como referido na área da Patologia Forense, uma vez que a primeira abrange um maior número de dinâmicas passíveis de serem provocadas por um mesmo objeto. Por conseguinte, nesta dissertação, adotar-se-ão os termos “incisão”, “lesão incisa” e “marca incisa” para se referir às lesões acima mencionadas.

Uma vez que cada impressão é única, não havendo duas armas brancas a produzir incisões iguais, nem sequer a mesma arma quando utilizada mais do que uma vez (Burd & Kirk, 1942), alguns investigadores como Houck (1998) e Waltenberger & Schutkowski (2017) têm defendido ser possível a caracterização da classe do objeto

utilizado ou, até mesmo, uma correspondência positiva com uma arma-problema, através da análise das características morfológicas e métricas da incisão propriamente dita.

2.4. Análise de marcas incisadas em osso fresco

A análise dos traumatismos corto-perfurantes deve ser feita partindo-se do geral para o particular (Figura 2). Assim, procura-se associar uma determinada incisão em osso a uma classe de objetos corto-perfurantes, com posterior caracterização da lâmina e, no limite, estabelecer uma correspondência entre o objeto agressor e a lesão em análise. Esta associação é fundamental numa investigação criminal (Alunni-Perret *et al.*, 2010; Symes *et al.*, 2012).

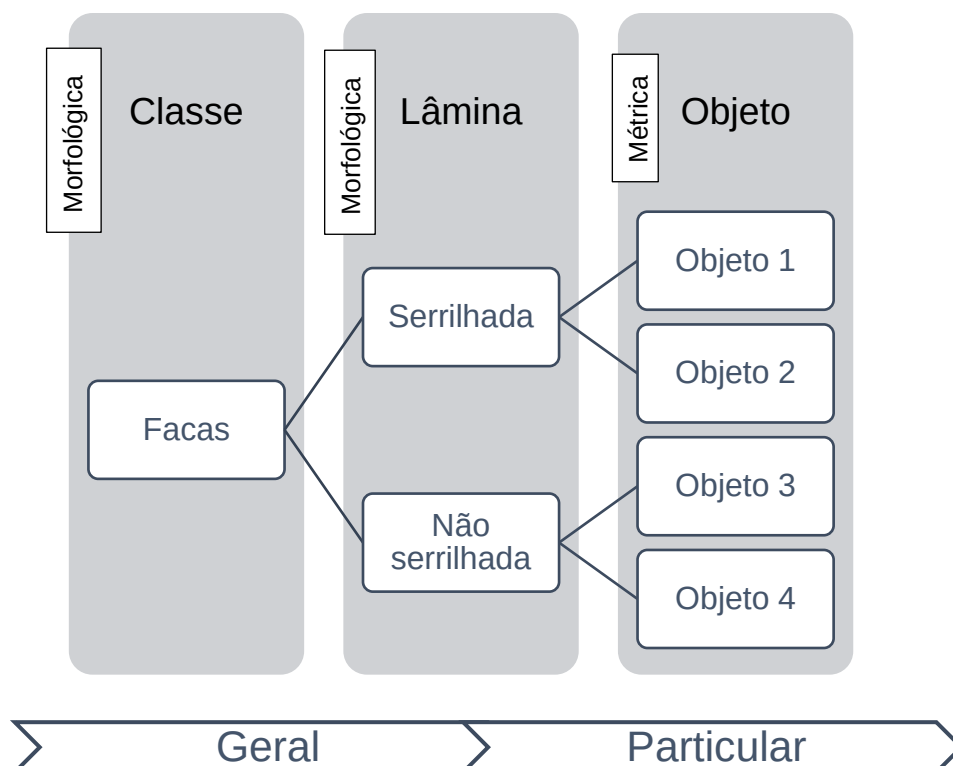


Figura 2 – Abordagem adotada na análise de marcas incisadas segundo Alunni-Perret e colaboradores (2010) e Symes e colaboradores (2012).

A análise de marcas incisais inicia-se pela correspondência entre as características gerais atribuídas a cada classe de objetos e as características da incisão (Burd & Gilmore, 1968). Microscopicamente, as lesões provocadas por facas caracterizam-se por pequenas incisões uniformes que, transversalmente, apresentam uma forma em V, acompanhadas de estrias perpendiculares ao plano da lesão, na ausência de fragmentos ósseos (Alunni-Perret *et al.*, 2010; Shaw *et al.*, 2011). Adicionalmente, têm sido caracterizadas como lesões lineares e estreitas, com pavimento e paredes regulares, sendo pelo menos uma das duas margens uniforme. No osso cortical adjacente à lesão é, por vezes, possível a observação de uma pequena elevação, consequência da inclinação da lâmina no momento do impacto, bem como de pequenas lascas ósseas (Alunni-Perret *et al.*, 2010).

Quando se obtém uma relação inequívoca entre as características morfológicas da lesão e o seu objeto agressor (faca), o passo seguinte passa pela caracterização da lâmina (Symes *et al.*, 2012). Com este propósito, foram identificadas características da incisão inerentes a cada tipo de lâmina.

A característica diferenciadora mais evidente é o padrão distinto e particular das estrias atribuído às facas serrilhadas. Se nas facas não serrilhadas as estrias, se visíveis, não apresentam qualquer padrão, nas serrilhadas, mesmo com a alteração do movimento da lâmina, o padrão de estrias manter-se-á. Outra particularidade interessante nas incisões provocadas por facas serrilhadas é o facto de ocorrer sempre uma lacuna entre a extremidade da incisão e a primeira estria, representando o intervalo que existe entre a ponta da lâmina e o primeiro ponto serrilhado. Relativamente às facas não serrilhadas, as estrias, se presentes, podem ser atribuídas a imperfeições da lâmina (Crowder *et al.*, 2013; Pounder *et al.*, 2011). No entanto, outras variáveis têm sido estudadas para, em conjunto com o padrão das estrias, permitirem uma identificação exata da classe do objeto agressor e do objeto em particular. Assim, Capuani e colaboradores (2014) identificaram características morfológicas ao nível da incisão no osso únicas e circunscritas a cada tipo de lâmina – serrilhada e não serrilhada.

Às facas não serrilhadas foi associada uma incisão estreita e superficial com uma das margens de regularidade variável e maior associação de lascas ósseas, sendo a outra bastante uniforme, mas apresentando ambas elevação. Relativamente às paredes da marca incisiva, uma apresenta-se sempre vertical, sendo a segunda oblíqua e com estriação horizontal (Capuani *et al.*, 2014).

No que toca às facas serrilhadas, e estabelecendo uma comparação com as anteriores, as marcas incisais resultantes apresentam-se como lineares e superficiais, mas significativamente mais amplas (Capuani *et al.*, 2014; Norman *et al.*, 2018). Já no que respeita às margens, uma é irregular e rugosa com elevação e presença de lascas ósseas, enquanto a parede correspondente é irregular e oblíqua. A outra margem é mais uniforme e sem elevação lateral, sendo a sua parede regular e vertical com estriação horizontal (Figura 3) (Capuani *et al.*, 2014).

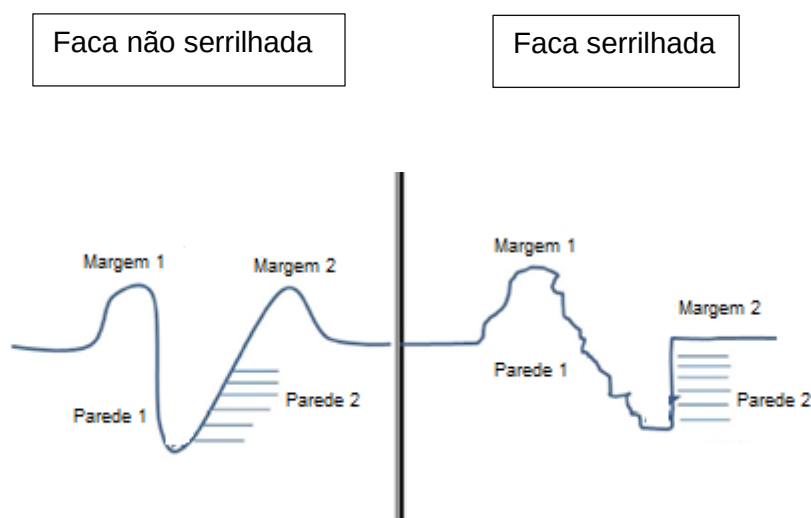


Figura 3 - Características morfológicas de incisões produzidas por facas serrilhadas e não serrilhadas [Adaptado de Capuani e colaboradores (2014)].

Ferlini (2012) demonstrou que, na ausência de um sistema de marcação das incisões controlado, era impossível a atribuição de características diagnósticas à classe da lâmina. O autor justificou esta impossibilidade com as variáveis multifatoriais e a aleatoriedade envolvidas aquando da produção das marcas incisais. Porém, afirmou que só assim serão refletidas as circunstâncias reais de uma verdadeira agressão.

No seguimento da análise que parte do geral para se chegar ao particular, e após apurar inequivocamente qual a classe do objeto agressor, importa individualizar o objeto. Bartelink e colaboradores (2001) foram pioneiros na análise quantitativa de incisões, principalmente no que respeita a largura das mesmas. Assim, foi objetivo do

seu trabalho a comparação entre a largura de incisões produzidas por diferentes objetos agressores corto-perfurantes com lâminas de espessura distinta. Concluíram que a largura da marca incisa, para um mesmo objeto, varia de forma significativa se o ângulo, ou a força do impacto forem diferentes, conclusão essa corroborada, mais tarde, por Komo & Grassberger (2018). Porém, a variação da largura da incisão entre diferentes objetos é maior do que aquela que é observada entre marcas incisadas provocadas pelo mesmo objeto, o que evidencia que uma abordagem quantitativa da análise destas lesões poderá ser promissora na validação ou exclusão de determinado tipo de lâmina como produtora da incisão em observação.

As conclusões acima mencionadas foram comprovadas por Norman e colaboradores (2018), que estenderam a sua abordagem quantitativa a outros parâmetros. Assim, conseguiram estabelecer uma correlação positiva significativa entre a espessura da faca e a largura da incisão. Mais ainda, a trajetória de impacto da faca e o ângulo de superfície da incisão, bem como o ângulo da ponta da faca e o raio do pavimento apresentavam também, entre si, correlações positivas e significativas. Estes autores afirmaram ser possível, através da análise das variáveis acima descritas, extrapolar com segurança as propriedades intrínsecas ao objeto responsável pelo traumatismo (ângulo da ponta e espessura da lâmina), bem como a trajetória do impacto. Contudo, ressaltaram para a necessidade de se realizar mais investigação na área, nomeadamente através de abordagens quantitativas.

2.5. Ossos queimados

A análise de marcas incisadas em osso pode traduzir-se numa tarefa ainda mais complexa, quando precedida de certas condicionantes que promovam a acentuada destruição do cadáver (Thompson *et al.*, 2017). São exemplos dessas condicionantes os incêndios, a queima intencional do corpo (tentativa de ocultação de cadáver) e a exposição do cadáver a fatores bióticos e abióticos. Estas, não só dificultam a análise das lesões acima referidas, como se impõem como obstáculos à identificação da vítima e da causa de morte, bem como à determinação do Intervalo Post Mortem (PMI) (Eckert *et al.*, 1988), resultado das alterações macro e microscópicas experienciadas pelos restos cadavéricos.

O osso é um material bifásico constituído por uma componente orgânica, proteica (maioritariamente colagénio I), no interior de uma matriz inorgânica de hidroxiapatite $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$, sendo que os processos *post mortem* potenciam variadas alterações físico-químicas no mesmo (Marques *et al.*, 2018).

Existem poucos processos tafonómicos com um impacto tão significativo no esqueleto como a queima e cujas consequências acabam por ser complexas e multifatoriais (Thompson *et al.*, 2017). Por conseguinte, a análise dos ossos queimados constitui um dos maiores desafios que o antropólogo tem de enfrentar, uma vez que está dificultada a sua capacidade em recolher informação (Gonçalves, 2012). Estas consequências são ainda mais complexas quando a destruição é intencional, na tentativa de ocultar o cadáver e eliminar eventuais evidências do crime pelo seu perpetrador (Bradtmiller & Buikstra, 1984; Pope & Smith, 2004) que, segundo Symes e colaboradores (2012), é uma prática comum.

As estatísticas respeitantes a esta prática criminosa não são numerosas. Na Turquia, a tentativa de ocultação de cadáver com recurso ao fogo assume 10% das mortes de etiologia homicida (Büyük & Koçak, 2009). Em França, a percentagem ultrapassa os 23% (Fanton *et al.*, 2006). Em Portugal, não existem números publicados que se possam traduzir numa percentagem efetiva. Todavia, uma pesquisa na comunicação social permitiu coligir nove casos de tentativa de ocultação de cadáver com recurso ao fogo nos últimos 18 anos, sendo que dois ocorreram em 2019 e um em 2020. Este número de casos mostra a pertinência no estudo da temática referida, procurando contribuir com informação que possa ser útil à interpretação e resolução destes casos de forma mais metódica, consistente e menos morosa.

É de salientar que a queima do cadáver, para além de poder representar um cenário de etiologia homicida – descrito por Schneickert (1939) no seu ranking como o grau mais severo de ocultação de um cadáver -, também pode ser accidental, como por exemplo no caso dos incêndios e catástrofes naturais. Por conseguinte, a compreensão holística dos fenómenos que ocorrem nos ossos queimados é indispensável para o trabalho do antropólogo forense.

Para a avaliação da sequência de destruição promovida pelo fogo – e diferentes temperaturas atingidas – no corpo humano, Glassman & Crow (1996) criaram uma escala com cinco categorias, denominada por escala Crow-Glassman. As categorias são: “reconhecível”, “possivelmente reconhecível”, “irreconhecível”, “extensa destruição por queimadura” e “cremação”. As primeiras duas referem-se às alterações iniciais ao

nível dos tecidos moles, enquanto as últimas três à destruição destes tecidos, bem como à modificação do tecido ósseo.

No que concerne ao esqueleto esta transformação pode, de uma forma simplista, ser descrita como a dispersão de calor pelo perióstio, queimando-o e causando inúmeras alterações (Robbins *et al.*, 2014). Pode ser dividida em quatro fases (Tabela 1).

Tabela 1 - Alterações no osso decorrentes da exposição ao calor [adaptado de Correia (1997) e Thompson (2004)].

Fase	Alteração no osso
<i>Desidratação</i>	Perda de água; formação de fraturas típicas
<i>Decomposição</i>	Perda do material orgânico; redução da força mecânica; alterações da porosidade
<i>Inversão</i>	Início das alterações na componente inorgânica
<i>Fusão</i>	Reordenação dos cristais da componente inorgânica; aumento da força mecânica; alterações da porosidade

No entanto, a temperatura que caracteriza cada fase ainda não é consensual, sobretudo porque esta pode alterar-se em função de determinadas variáveis como: o tempo de exposição, o fornecimento de oxigénio, a presença ou não de roupa, entre outras (Thompson *et al.*, 2017).

Thompson (2004, 2005) considera que, das quatro fases mencionadas na Tabela 1, duas apresentam maior importância: a de decomposição e a de fusão. A perda do material orgânico e a reestruturação da componente inorgânica, respetivamente, são as precursoras das restantes alterações verificadas nos ossos expostos ao calor. Assim, foram denominadas de alterações induzidas pelo calor de nível primário, sendo as restantes – mudanças na coloração e propagação de fraturas – de nível secundário, por serem uma consequência direta das primeiras.

Relativamente às alterações na coloração, estas são macroscópicas e resultam de alterações químicas e físicas na estrutura óssea, que ocorrem progressivamente com o aquecimento, estando também diretamente relacionadas com o período de exposição do osso ao fogo, a temperatura atingida, a disponibilidade de oxigénio, bem como a presença ou ausência de determinado material orgânico no solo envolvente (Stiner *et al.*, 1995). A cor da superfície óssea poderá variar de um amarelo claro para um alaranjado, castanho, preto, cinzento e, por fim, branco, sendo esta última indicativa da perda total da componente orgânica, inversão e fusão do conteúdo ósseo (Figura 4) (Munro *et al.*, 2007; Shipman *et al.*, 1984).

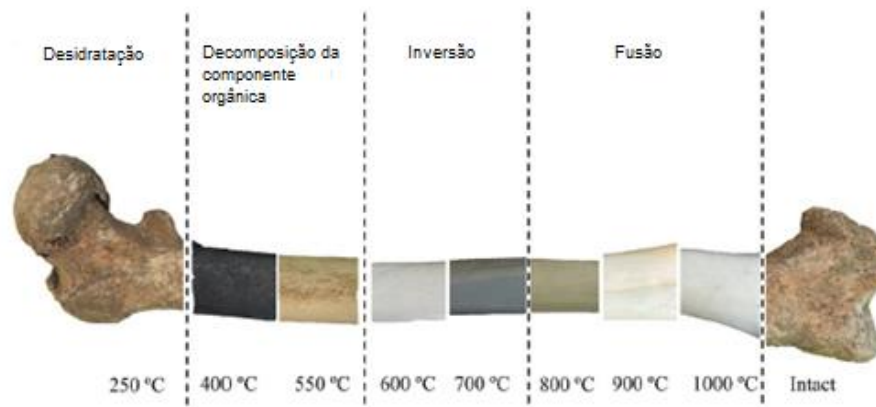


Figura 4 - Alterações da coloração da superfície óssea, resultado das alterações químicas com o aumento da temperatura [retirado de Marques e colaboradores (2018)].

Em estudos mais antigos, como, por exemplo, o de Van Vark (1970), assumia-se a possibilidade de inferir a temperatura da queima a partir da coloração do osso queimado. No entanto, mais recentemente tem sido demonstrado que estas modificações são muito mais heterogéneas do que inicialmente apurado (Absolonová *et al.*, 2012), pelo que a coloração do osso queimado não deve ser usada para se fazer essa relação. De facto, a coloração pode variar com a temperatura atingida e a duração da exposição, constituindo a coloração um melhor indicador para a intensidade da queima, ao invés da inferência da temperatura (Shipman *et al.*, 1984).

As alterações na coloração da superfície óssea referidas acima são acompanhadas por modificações ao nível da massa. Com a perda do conteúdo em água

e material orgânico, observa-se uma redução da massa do osso após o processo da queima (Thompson, 2004). Esta perda pode variar entre os 30% e os 60%, dependendo de determinadas variáveis como a temperatura máxima atingida e a condição dos restos esqueléticos anterior a este processo (Munro *et al.*, 2007).

No que diz respeito às alterações histológicas no osso induzidas pela temperatura, Holden e colaboradores (1995) demonstraram que para valores abaixo dos 700°C a sua estrutura permanece praticamente inalterada, mas para valores acima dos 1000°C torna-se quase irreconhecível (Van Vark, 1970). Já Cattaneo e colaboradores (1999) conseguiram, numa queima que rondou os 800-1200°C, discernir os canais de Havers em amostras de osso humano. Estes canais estão localizados no centro dos osteons, sendo responsáveis pelo seu fornecimento sanguíneo (Steadman, 2015). Hanson & Cain (2007) observaram que, para uma queima a temperatura média, os canais de Havers apresentavam pequenas fissuras que se estendiam para a sua periferia, mas numa queima a temperatura elevada, ocorria a perda das estruturas histológicas. Por sua vez, Harbeck e colaboradores (2011) comprovaram o aparecimento de pequenas fissuras aos 200°C, sendo que aos 500°C a destruição histológica era significativa e aos 800°C tornava-se impossível distinguir as estruturas histológicas do osso.

Em suma, e tal como sucede para a coloração, apesar de, histologicamente, ser possível fazer a distinção entre osso queimado e não queimado, não há consenso relativamente às temperaturas exatas em que cada alteração ocorre. Por conseguinte, é mais prudente fazer apenas a distinção entre exposição a baixas e altas temperaturas (Gonçalves, 2012).

Há, ainda, a registar alterações ao nível da rede cristalina de hidroxiapatite. Num indivíduo vivo, estes cristais apresentam-se pequenos, numa rede desordenada e com elevada tensão entre as partes integrantes. Porém, após a exposição a elevadas temperaturas, a rede cristalina adquire uma estrutura mais organizada, com cristais maiores e menor tensão entre eles. Estas modificações atingem um *plateau* por volta dos 1000°C (Marques *et al.*, 2018; Thompson *et al.*, 2017).

Outra das modificações potenciadas pela exposição do osso a elevadas temperaturas é a ocorrência de fraturas típicas, nomeadamente: longitudinais, transversas, pátina e transversas curvas. As primeiras formam-se ao longo do maior eixo do osso. As segundas podem formar-se independentemente, ou apresentarem-se como uma extensão das longitudinais (Symes *et al.*, 2012). Já as pátina resultam da

destruição e dobragem da camada cortical do osso que, por sua vez, poderão conduzir à fragmentação e laminação das camadas ósseas internas e externas. Por último, as transversas curvas são, tal como o nome indica, fraturas transversas com forma não retilínea (Correia, 1997; Herrmann & Bennett, 1999). Estas fraturas são consequência direta da desidratação e perda da componente orgânica que, para além de levar à quebra do osso, promove a sua dobragem e redução (Thompson, 2004). A aparência destas fraturas está diretamente relacionada com o período de exposição do osso ao calor, a sua posição face à fonte de calor, o tipo de osso afetado (cortical ou esponjoso) e a sua condição anterior à queima (fresco ou seco) (Symes *et al.*, 2012).

É importante realçar que as fraturas provocadas pela subida da temperatura numa queima, em circunstância alguma, atravessarão uma zona do osso não queimada. Já as fraturas *peri mortem* podem estender-se à zona queimada do osso, sendo este critério bastante útil para apurar se a fratura ocorreu antes ou depois da sua exposição ao calor (Herrmann & Bennett, 1999; Symes *et al.*, 2012).

2.6. Análise de marcas incisas em osso queimado

A recolha de informação de um esqueleto sujeito à ação do calor, como já foi mencionado, é uma tarefa exigente e complexa devido às alterações físicas e químicas que sofrem os seus ossos. Por conseguinte, a análise de traumatismos também se torna mais complexa (Robbins *et al.*, 2014).

A literatura alusiva ao estudo de traumatismos em ossos queimados (e.g. Gruchy & Rogers, 2002; Kooi & Fairgrieve, 2013; Macoveciuc *et al.*, 2017; Marciniak, 2009; Pope & Smith, 2004; Poppa *et al.*, 2011; Robbins *et al.*, 2014) revela que os parâmetros mais analisados têm sido a avaliação qualitativa das diferenças morfológicas entre a lesão antes e após a queima, assim como a adequação ou não de determinados métodos microscópicos para a observação das incisões. O objetivo prende-se com a avaliação e determinação da metodologia mais adequada para a análise dos traumatismos, bem como o apuramento do intervalo de confiança com que se pode atribuir uma arma-problema a determinado traumatismo, após exposição do osso a elevadas temperaturas. Assim, uma vez mais, importa adotar uma abordagem que parte do geral para se chegar ao particular, ou seja, intenta-se identificar a classe

do objeto após a queima e seguidamente individualizar o objeto agressor (Waltenberger & Schutkowski, 2017).

Gruchy & Rogers (2002) recorrendo a várias classes de objetos corto-perfurantes, marcaram incisões em osso que, seguidamente, queimaram. Concluíram que era possível identificar a classe do objeto agressor, mesmo com algum grau de destruição causado pela queima do osso. Estes investigadores acrescentam que a queima reforça o enfraquecimento do osso, levando à produção de fraturas, especialmente, no local da marca incisa.

Pope & Smith (2004) dedicaram-se ao estudo de lesões incisais *peri mortem* em crânios queimados. Verificaram que a presença de cores distintas em fragmentos ósseos adjacentes constituía um indicador de uma fratura anterior ao processo de queima, apresentando cada fragmento diferentes graus de exposição à temperatura. Relativamente às marcas incisais em osso concluíram que são facilmente identificáveis, uma vez que a queima não alterou de forma significativa as características microscópicas que, habitualmente, acompanham estes traumatismos. Esta conclusão é idêntica à de Herrmann & Bennett (1999) cujo trabalho se baseou em trauma infligido em fêmures. Ademais, foi-lhes possível fazer a distinção entre incisões provocadas por diferentes classes de objetos corto-perfurantes (faca, bisturi e serra), mesmo após a queima do osso (Pope & Smith, 2004).

Também Poppa e colaboradores (2011) corroboraram que as características morfológicas de lesões incisais produzidas por diversos objetos corto-perfurantes se mantinham após a exposição a elevadas temperaturas, mesmo em ossos calcinados. Descreveram, no entanto, que a manutenção das características só era válida para os estádios finais do processo de queima, uma vez que enquanto há tecidos moles envolvidos, as lesões se apresentam dissimuladas, dificultando a sua caracterização.

Kooi & Fairgrieve (2013) realizaram, também, investigação sobre lesões incisais em osso queimado, marcadas com recurso a facas serrilhadas e não serrilhadas. Verificaram que após a exposição do osso a temperaturas elevadas, este apresentava o tipo de fraturas comumente associado ao calor (transversas e longitudinais). Porém, a visibilidade das marcas incisais foi afetada após a queima, nomeadamente devido aos detritos resultantes deste processo, às fraturas induzidas pelo aumento da temperatura, aos resquícios de tecidos moles aderentes, bem como à presença de medula óssea residual. Assim, a taxa de recuperação de incisões após a queima variou entre 45,5% e 90,9%. Acresce ainda que a morfologia das mesmas era variável com apenas 30,0% a

87,5% das lesões a apresentar a típica forma em V. Revelaram, ainda, o facto de determinadas características serem muito suscetíveis ao processo da queima – elevação das margens e desgaste –, tendo sido mesmo, em alguns casos, completamente destruídas.

Posteriormente, Macoveciuc e colaboradores (2017) verificaram que, após a queima, as incisões eram mais facilmente observadas, sendo que em alguns casos, havia um aumento da profundidade das mesmas. Estas eram acompanhadas de fraturas longitudinais e transversas causadas pela exposição do osso a temperaturas elevadas. Relativamente à morfologia da marca incisa concluíram que a queima eliminava a elevação das margens, sendo, no entanto, a única característica associada ao traumatismo corto-perfurante que era eliminada por este processo.

Já Marciniak (2009) dedicou-se ao estudo das características morfológicas das lesões produzidas por serras em osso queimado. Apurou ser possível reconhecer o padrão de estrias no osso em lesões infligidas por estes objetos agressores, porém, com diferentes graus de preservação, dependendo do tipo de serra utilizado. Verificou que a preservação das restantes características morfológicas associadas a este tipo de lesão era influenciada pela intensidade da queima, sendo que em ossos calcinados, a observação destas era dificultada, ou até impossível, quando comparado com ossos que ainda conservavam parte da componente orgânica. Contudo, salientou que apesar das mudanças anteriormente descritas, era ainda possível reconhecer a classe do objeto agressor após a queima dos ossos.

Por outro lado, Robbins e colaboradores (2014) dedicaram-se ao estudo das características morfológicas das lesões produzidas por serras em osso queimado, verificando a presença de estrias, mesmo em ossos calcinados, e concluindo que estas conseguiam resistir à queima. Ademais, constataram que era possível uma melhor observação de, quando existente, um alargamento numa das extremidades do pavimento da incisão. Colocaram a hipótese de que esta característica possa ser explicada pela mudança de orientação aquando da remoção do objeto do osso, em direção ao corpo do agressor (Kooi & Fairgrieve, 2013). Realçaram o facto de determinadas características serem mais ou menos visíveis consoante a antiguidade do objeto agressor. Assim, serras mais novas apresentavam as características das marcas por si criadas mais bem preservadas após carbonização do osso, do que as serras com maior uso.

Numa abordagem que parte do geral para se chegar ao particular, tendo como finalidade a individualização do objeto agressor, torna-se importante a aplicação de uma abordagem quantitativa que permita uma análise não somente morfológica, mas também métrica. Assim, Alunni e colaboradores (2018) demonstraram que após marcação de incisões com machadinhas, morfológicamente observava-se a manutenção dessas características após a exposição do osso a temperaturas elevadas, tendo verificado somente uma intensificação da irregularidade numa das paredes da incisão. Associaram essa irregularidade à fragilidade de determinadas áreas, promovida pelo mecanismo contundente que está associado ao objeto agressor. Por conseguinte, áreas já por si frágeis devido à presença de microfraturas, apresentaram maior fragilidade após a carbonização. Quantitativamente, constataram não haver diferenças estatisticamente significativas entre as distâncias entre pontos de referência marcados no osso, antes e após a sua queima. Concluíram que estas observações eram transversais a todo o material esquelético analisado, independentemente da intensidade do processo.

Waltenberger & Schutkowski (2017) adotaram, igualmente, uma abordagem quantitativa, tendo comparado determinadas variáveis antes e após a queima. Constataram que a maioria não apresentava diferenças estatisticamente significativas entre si, porém esta observação não era transversal à totalidade das variáveis analisadas. Com efeito, identificaram diferenças estatisticamente significativas entre o ângulo do pavimento da lesão (esquerdo e direito), bem como entre a altura máxima do “ressalto”, medidos antes e após a exposição do osso a temperaturas elevadas. Encontraram, ainda, uma correlação significativa entre a profundidade da incisão e o grau de destruição do seu pavimento, nomeadamente através da formação de fissuras após a queima.

Ao longo da exposição deste tópico foi notória a discrepância entre os resultados de alguns autores citados que, segundo Macoveciuc e colaboradores (2017), se prende com a não uniformização dos protocolos, impedindo uma comparação direta entre os mesmos e o estabelecimento de conclusões. Por conseguinte, justifica-se o desenvolvimento de investigação adicional sobre esta temática.

2.7. Modelo animal

Um dos pontos cruciais da investigação na área das ciências forenses prende-se com a seleção dos modelos animais e das metodologias a aplicar, uma vez que se pretende aplicar os conhecimentos produzidos em contextos reais. Assim, têm sido apontadas algumas limitações às metodologias e aos modelos animais usados nos trabalhos suprarreferidos, tendo, por vezes, sido posta em causa a sua aplicabilidade em contextos forenses.

A maioria dos estudos indicados nos tópicos 2.4. e 2.6. recorreram a ossos de *Sus scrofa domesticus* (porco doméstico) (Alunni *et al.*, 2018; Ferllini, 2012; Komo & Grassberger, 2018; Kooi & Fairgrieve, 2013; Marciniak, 2009; Norman *et al.*, 2018; Poppa *et al.*, 2011; Robbins *et al.*, 2014; Shaw *et al.*, 2011; Thompson, 2005; Waltenberger & Schutkowski, 2017). No entanto, várias questões têm sido levantadas (Alunni *et al.*, 2018; Nogueira *et al.*, 2017) no que concerne ao uso de osso animal como um modelo que permita, de forma fidedigna, extrapolar informação que possa ser usada na análise de restos cadavéricos humanos.

Aerssens e colaboradores (1998) compararam a composição, densidade e qualidade do osso de vários vertebrados, demonstrando que a concentração de colagénio no porco era inferior à humana. Porém, a resistência às fraturas em osso fresco apresentava valores semelhantes. Alertaram que nenhum modelo animal é semelhante ao humano relativamente aos parâmetros mencionados, não existindo um substituto ideal.

Prat e colaboradores (2012) advertiram que a densidade mineral óssea de *Sus scrofa domesticus* era inferior à humana, o que foi igualmente corroborado por Alunni e colaboradores (2018), que salientaram a maior facilidade do osso de porco em quebrar. Porém, Symes e colaboradores (2012) demonstraram que não são estatisticamente significativas as diferenças entre a percentagem de colagénio e a densidade mineral. Já Croft & Ferllini (2007) descreveram a estrutura das costelas de *Sus scrofa domesticus* como sendo semelhante à humana, tanto em dimensão, como em peso e estrutura, definindo-as como boas substitutas na investigação em Antropologia Forense.

No que concerne às características mecânicas da pele de porco, Ankersen (1999) determinou que eram relativamente idênticas às da pele humana, nomeadamente a força de tensão. Assim, apontou este modelo como realista e

adequado à investigação, sobretudo na quantificação de forças associadas ao mecanismo corto-perfurante. Também Shergold e colaboradores (2006) descreveram a pele de porco como sendo similar à humana, em termos mecânicos, bem como métricos, uma vez que a derme dos primeiros tem uma espessura que varia entre 1 e 6 mm, enquanto que a dos segundos varia entre 1 e 4 mm, dependendo da região anatômica. Porém, Ankersen e colaboradores (1999) afirmaram que a pele de porco é mais grossa e áspera que a humana, frisando, no entanto, que as características mecânicas são bastante similares, consequência de uma microestrutura também muito semelhante, sendo as suas conclusões corroboradas por Shergold e colaboradores (2006).

Outra crítica apontada a vários dos estudos mencionados (como os de Alunni *et al.*, 2018; Alunni-Perret *et al.*, 2010; Bartelink *et al.*, 2001; Capuani *et al.*, 2014; Macoveciuc *et al.*, 2017; Norman *et al.*, 2018) é a utilização de osso limpo, isto é, sem tecidos moles envolventes. Alguns autores, como Ferllini (2012) e Komo & Grassberger (2018), afirmam que esta abordagem não representa, de forma fidedigna, o que ocorre num caso forense real, podendo influenciar os resultados que, posteriormente, não poderão ser extrapolados para o contexto real. Isto deve-se, sobretudo, ao facto de a pele atuar como o tecido que confere maior resistência à penetração do objeto agressor, sendo que os tecidos moles subjacentes oferecem também uma resistência secundária, de menor intensidade (O'Callaghan *et al.*, 1999). Adicionalmente, Gilchrist e colaboradores (2008) demonstraram que a tensão da pele está diretamente correlacionada com a força necessária à penetração e sua profundidade, sendo a espessura desta uma variável importante. Por outro lado, Ferllini (2012) destacou a roupa da vítima como uma outra variável que pode influenciar a resistência oferecida ao mecanismo corto-perfurante.

2.8. Microscopia

Têm sido avaliados vários métodos relativamente à sua eficácia na análise de lesões incisivas em osso, nomeadamente na avaliação de características que permitam a inferência do mecanismo e objeto agressor. Recentemente, foi proposto o uso de micro-tomografia computadorizada (μ CT), em detrimento da microscopia clássica, na

análise dos traumatismos corto-perfurantes (Komo & Grassberger, 2018; Norman *et al.*, 2018; Thali *et al.*, 2003). A μ CT é uma técnica de imagem a 3D que utiliza raios-X na construção de modelos tridimensionais (Assad & Jackson, 2018). Apresenta como vantagens a alta resolução, comparativamente a outros métodos de microscopia tradicional, bem como o facto de não ser destrutiva, permitindo análises tridimensionais e facilitando a abordagem quantitativa (Komo & Grassberger, 2018; Norman *et al.*, 2018; Waltenberger & Schutkowski, 2017). Porém, têm sido apontadas limitações ao uso da μ CT, não só por ser um método dispendioso, mas também moroso (Komo & Grassberger, 2018; Waltenberger & Schutkowski, 2017). A digitalização de cada lesão demora cerca de três horas (Norman *et al.*, 2018), não sendo, assim, adequada à análise de um elevado número de amostras. Ademais, a μ CT não permite a visualização das estrias presentes nas incisões, capacidade até agora atribuída somente à microscopia eletrónica de varrimento (SEM) (Norman *et al.*, 2018). Waltenberger & Schutkowski (2017) realçaram, ainda, para o facto de na μ CT o efeito de volume parcial assumir-se como uma desvantagem. Este ocorre uma vez que, neste método, cada voxel apenas pode representar uma densidade. Porém, se este se situar numa área de transição entre dois materiais com densidades distintas (p.e., água e osso), assumirá uma densidade média, não representando de forma fidedigna o material em estudo e potenciando o aparecimento de artefactos (Ye *et al.*, 2013). Este efeito torna-se desvantajoso, nomeadamente na definição de pontos de medição para a análise quantitativa (Waltenberger & Schutkowski, 2017).

Por conseguinte, a técnica mais utilizada para a observação de lesões tem sido a SEM, sobretudo por permitir uma análise adequada, aliada a uma maior rapidez e menores custos (Alunni *et al.*, 2018; Alunni-Perret *et al.*, 2010; Bartelink *et al.*, 2001; Ferllini, 2012; Holden *et al.*, 1995; Kooi & Fairgrieve, 2013; Robbins *et al.*, 2014). A SEM é uma técnica que permite a observação e caracterização de amostras orgânicas e inorgânicas numa escala que varia entre μm (10^{-6} m) e nm (10^{-9} m). A sua popularidade advém da capacidade de obtenção de imagens que revelam a estrutura tridimensional da superfície da amostra em análise, devido à grande profundidade de campo do microscópio, permitindo uma interpretação fidedigna da morfologia e a sua medição (Goldstein *et al.*, 2017).

Nas observações com SEM, a amostra é irradiada por um feixe de eletrões que a vai “varrendo” linha por linha. A interação entre o feixe de eletrões e o material produz vários tipos de sinais - eletrões secundários, retrodifundidos, raios-X característicos e outros fotões. Estes sinais podem ser utilizados na interpretação de vários aspetos da

amostra, nomeadamente: topografia da superfície, composição química e cristalografia (Goldstein *et al.*, 2017).

No que à análise topográfica diz respeito, os eletrões secundários ou retrodifundidos pela amostra assumem maior importância já que são os responsáveis pelo contraste na imagem final. Os primeiros são eletrões lentos arrancados à amostra e são responsáveis pelo contraste topográfico, enquanto os segundos são eletrões do feixe que retiveram grande parte da sua energia e fornecem o contraste composicional, isto é, informação relativamente à composição do material. Estes são captados por detetores de eletrões, sendo este sinal decodificado na criação de uma imagem pixel por pixel (Goldstein *et al.*, 2017; Vermeij *et al.*, 2012).

Relativamente à emissão de raios-X característicos pela amostra, aquando da sua interação com o feixe de eletrões, é possível a obtenção de informação qualitativa e quantitativa sobre a composição química de uma determinada região do material analisado. Para tal, recorre-se à espectroscopia de dispersão de energia de raios-X acoplada ao microscópio, sendo esta abordada no tópico seguinte.

A correta observação de material por SEM carece que a amostra cumpra determinadas condições relacionadas com a percentagem de água e a condutividade. Para que o feixe de eletrões possa atingir a amostra sem qualquer desvio, a coluna e a câmara do microscópio têm de trabalhar em vácuo. Por conseguinte, a água presente nas amostras deve ser prévia e integralmente removida. Relativamente à condutividade, a sua ausência provoca uma acumulação de cargas, o que leva ao aparecimento de linhas horizontais na imagem final (Timmermans & Otto, 2015). Assim, torna-se imprescindível o revestimento de amostras não condutoras com material que o seja (e.g. ouro ou carbono), para a otimização da observação (Goldstein *et al.*, 2017).

Em suma, quando o material a analisar no microscópio eletrónico de varrimento não apresenta as condições ideais é necessária uma preparação prévia à observação das amostras de modo a obter imagens sem artefactos, nomeadamente: fixação, desidratação, secagem, revestimento com camada condutora e montagem em suporte metálico (Goldstein *et al.*, 2017).

2.9. Análise elementar

A espectroscopia de dispersão de energia de raios-X (EDS) é uma técnica que permite a análise elementar, isto é, a identificação e quantificação dos elementos químicos presentes numa determinada amostra (Goldstein *et al.*, 2017). Esta técnica funciona acoplada à SEM, cujo feixe de eletrões interage com a amostra, resultando na emissão de raios-X. Estes são, posteriormente, separados por elemento, num espectro, possibilitando a criação de mapas elementares específicos para cada amostra (Ellingham *et al.*, 2018).

As primeiras experiências realizadas para estabelecer o perfil elementar do osso queimado foram levadas a cabo por Grupe & Hummel (1991). Estes investigadores, através da espectrometria de absorção atómica, demonstraram que, com a exposição do osso a temperaturas cada vez mais elevadas, o conteúdo em cálcio (Ca) e fósforo (P) aumentava segundo as seguintes equações:

$$\text{Ca: } y = (0.074 * \text{temp.}) - 19.707$$

$$\text{P: } y = (0.096 * \text{temp.}) - 16.18$$

Castro e colaboradores (2010) e Ellingham e colaboradores (2018) revelaram que a razão Ca/P é a assinatura elementar do osso (Figura 5). Porém, e contrariando o que foi descrito por Grupe & Hummel (1991), Ellingham e colaboradores (2018) verificaram uma oscilação na concentração destes dois elementos, sendo que, no entanto, a razão entre ambos manteve-se praticamente constante. Por conseguinte, defenderam que esta razão pode ser usada na identificação de material ósseo queimado, em casos em que não seja evidente a natureza da amostra.

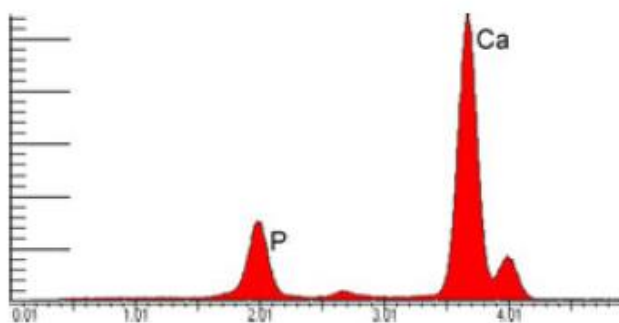


Figura 5 - Razão Ca/P na análise elementar de osso [retirado de Christensen e colaboradores (2014)].

Amadasi e colaboradores (2012) recorreram à EDS para analisar a preservação (e possível identificação) de resíduos de armas de fogo em osso queimado. Verificaram que o número de resíduos era sempre inferior neste, relativamente ao osso fresco, sendo, no entanto, possível a identificação dos elementos presentes. Destacaram a importância da EDS na análise de osso queimado, designadamente pelo facto da análise macroscópica deste ser mais complexa, sendo crucial a implementação de novas técnicas que complementem o seu estudo.

Relativamente à análise elementar em traumatismos corto-perfurantes, foram vários os trabalhos (e.g. Bai *et al.*, 2007; Gibelli *et al.*, 2012; Palazzo *et al.*, 2018; Thompson & Inglis, 2009; Vermeij *et al.*, 2012) que recorreram a esta metodologia, tanto ao nível da pele como na análise de lesões incisivas em osso, para estabelecer uma correspondência entre os resíduos, sobretudo metálicos, presentes na pele ou incisão e os da arma-problema, ou na identificação de uma classe de arma, quando não há um objeto suspeito que possibilite a comparação.

Bai e colaboradores (2007) e Palazzo e colaboradores (2018) dedicaram-se à análise elementar de lesões incisivas em pele produzidas por facas, tendo concluído que existia uma correspondência entre as partículas encontradas nas lesões e a composição química dos objetos.

Thompson & Inglis (2009) levaram a cabo estudos semelhantes, porém, em osso. Conseguiram detetar alguns resíduos metálicos ao nível das incisões, porém, não

conseguiram excluir a hipótese de se tratar de uma eventual contaminação, considerado, por conseguinte, os seus resultados inconclusivos.

Vermeij e colaboradores (2012) destacaram que nos casos em que as facas se constituem como objetos agressores geralmente ocorre a transferência de pequenas partículas de aço inoxidável ou aço carbono para a pele ou superfície óssea. Porém, a quantidade destas partículas está diretamente dependente de características como a rugosidade da lâmina e a sua ponta. Realçaram a capacidade da EDS em detetar resíduos nas lesões, concluindo que a análise elementar permite restringir as possíveis armas do crime a uma determinada classe ou até na presença de uma arma-problema, à identificação positiva da mesma como arma do crime. Contudo, indicaram que quando a concentração de alguns elementos está abaixo do limiar de deteção da EDS não será possível a sua determinação de forma fiável, dificultando, assim, a distinção entre diferentes tipos de aço que, frequentemente, apresentam alguns elementos (vanádio, molibdénio, tungsténio, silício, manganês e níquel) em quantidades diminutas e que podem ser importantes na distinção entre dois objetos agressores (Vermeij *et al.*, 2012).

Gibelli e colaboradores (2012) recorrendo a diversos objetos corto-perfurantes e às respetivas lesões em osso, revelaram que a quantidade de resíduos nas lesões era diminuta e a sua distribuição muito variável. Em relação às facas, concluíram que o local com maior quantidade de resíduos era o pavimento da lesão. Realçaram o papel prejudicial da contaminação nesta análise, ao identificarem, de forma frequente, resíduos não pertencentes ao objeto. Atribuíram esta contaminação às partículas transferidas para o objeto em utilizações anteriores. Mais ainda, verificaram que os resíduos poderiam ser encontrados noutra região do osso que não a da lesão, advertindo cautela na pesquisa dos mesmos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Modelo animal

Neste estudo utilizaram-se costelas de porco doméstico (*Sus scrofa domestica*). A seleção deste animal como substituto ao modelo humano considerou a literatura científica referida no ponto “2.7. Modelo animal”, que indica que é adequado, sobretudo ao nível da resistência mecânica da pele e da densidade óssea das costelas (Ankersen *et al.*, 1999; Croft & Ferllini, 2007; Shergold *et al.*, 2006; Symes *et al.*, 2012).

O critério para a seleção das costelas foi o facto de o tórax ser a área mais afetada por traumatismos corto-perfurantes (Ambade & Godbole, 2006; Banasr *et al.*, 2003; Cassidy & Curtis, 2005; Croft & Ferllini, 2007; Ferllini, 2012; Hunt & Cowling, 1991; Thompson & Inglis, 2009). Acresce ainda que a caixa torácica tem uma camada de tecidos sobrejacentes relativamente fina, sendo uma das primeiras regiões anatómicas a ficar exposta durante a queima. Por conseguinte, está sujeita a uma maior destruição comparativamente a outras regiões anatómicas (Waltenberger & Schutkowski, 2017).

Foram adquiridos em talho tradicional, de comércio local, sete tórax de porco (vulgarmente conhecido por “entrecosto”) (Figura 6), solicitando-se ao talhante a aquisição ao fornecedor de peças de espessura similar (variando entre 4,8 e 5,2 cm). Os porcos teriam cerca de sete meses e 80 Kg, não sendo conhecido o seu sexo. Os tecidos moles – cutâneo, subcutâneo e muscular – das amostras foram mantidos, procurando recriar-se a resistência oferecida por estes até ao contacto do objeto agressor com o osso (Ferllini, 2012; Gilchrist *et al.*, 2008; O’Callaghan *et al.*, 1999).

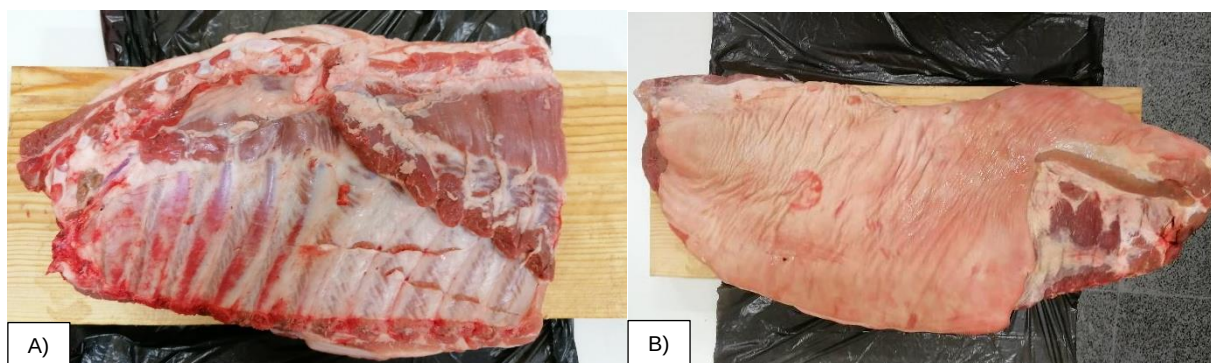


Figura 6 – Tórax de *Sus scrofa domestica* antes da marcação das lesões: A) vista interna; B) vista externa.

3.2. Dispositivo tipo “guilhotina” e objetos agressores

A marcação das lesões incisas foi realizada com recurso a um dispositivo fixo (Figura 7), permitindo eliminar a variabilidade associada às variáveis do impacto: força, ângulo e direção. Por conseguinte, assegurou-se a reprodutibilidade deste processo, controlando-se o movimento do objeto agressor e o seu contacto com a amostra (Bartelink *et al.*, 2001; Waltenberger & Schutkowski, 2017). O dispositivo foi construído com o apoio de docentes da área das Ciências Forenses e Criminais e carpinteiros do Instituto Universitário Egas Moniz (IUEM).



Figura 7 – Dispositivo fixo (“guilhotina”): A) vista anterior; B) vista posterior.

O dispositivo é constituído por uma peça com movimento descendente, à qual se acoplou a faca (objeto agressor). O movimento retilíneo descendente, desprovido de qualquer atrito, permitiu a calibração do dispositivo para um trabalho (W) de aproximadamente 29 J no momento do impacto, idêntico ao utilizado por Waltenberger & Schutkowski (2017). Obteve-se este valor a partir de uma altura de lançamento de 60 cm e uma massa de 4,9 Kg. Para a massa contribuiu a massa do objeto agressor, da

peça onde estava incorporado, bem como de dois pesos que foram adicionados (cada com 1,25 Kg), de forma a obter-se a energia pretendida. O ângulo de impacto foi uniformizado em 90° (perpendicular à amostra), permitindo a exclusão do efeito desta variável como responsável por eventuais diferenças entre as marcas resultantes (Crowder *et al.*, 2013; Macoveciuc *et al.*, 2017).

Apesar de alguns autores como Chadwick e colaboradores (1999), Horsfall e colaboradores (1999) e Horsfall e colaboradores (2005) terem determinado que a energia de impacto de uma facada real é de 45 J, quando o dispositivo deste trabalho foi calibrado para esse valor, verificou-se a quebra das facas, bem como a produção de lesões no osso que não correspondiam ao descrito na literatura, ocorrendo a penetração completa do objeto na costela. Num cenário homicida com recurso a um objeto cortopurante, a marca resultante é normalmente superficial, pela passagem do mesmo no espaço intercostal, deixando a lâmina da faca apenas um defeito na sua margem anterior (Kooi & Fairgrieve, 2013; Waltenberger & Schutkowski, 2017). Por conseguinte, o dispositivo foi calibrado de forma a que o contacto entre o osso e a faca ocorresse superficialmente, na margem anterior da costela e com uma energia próxima à indicada por Waltenberger & Schutkowski (2017) como supra mencionado.

Em relação às facas, o objeto agressor seleccionado, adquiriram-se duas numa superfície comercial (modelo *Kasa*, linha *Essencial*), uma vez ser premissa deste trabalho o uso da faca como arma de conveniência, sendo, assim, a sua fácil aquisição uma variável importante (Figura 8; Tabela 2). Utilizaram-se facas novas de modo a evitar eventuais defeitos na lâmina ou ponta, característicos de facas com algum uso, que poderiam induzir defeitos no osso e introduzir artefactos prejudiciais à análise (Crowder *et al.*, 2013).

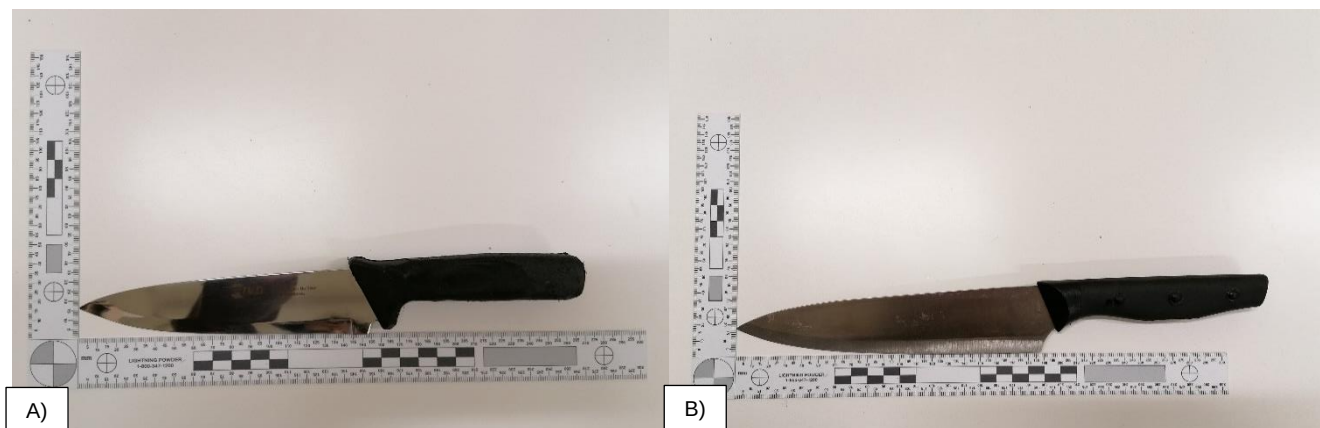


Figura 8 – Facas: A) pequena; B) grande.

Tabela 2 - Características métricas das facas.

Faca	Comprimento da lâmina (cm)	Comprimento da lâmina + cabo (cm)	Espessura (mm)	Ângulo da ponta (°)
Faca pequena	15	26	0,37	72,39
Faca grande	19	32	0,55	64,47

Foram marcadas incisões, com cada faca, até serem obtidas dez lesões para análise para cada um dos grupos (fresco vs queimado). Após este processo, removeu-se a maioria dos tecidos moles envolventes, uma vez a pele, músculo e gordura atuarem como combustíveis, afetando a temperatura da queima. Para além disso, a quantidade de tecidos varia entre as amostras, pelo que a sua remoção garantiu uma maior uniformidade desta variável (Macoveciuc *et al.*, 2017). De ressaltar que foram tomadas as precauções para se retirar a maioria dos tecidos moles sem criar marcas no osso com o bisturi. Por conseguinte, manteve-se o perióstio e uma quantidade diminuta de músculo. As amostras foram conservadas a 3°C até à sua maceração (grupo do osso fresco) ou queima (Robbins *et al.*, 2014).

3.3. Queima e maceração

A queima das amostras foi realizada numa mufla *Heraeus KR 260 E*, a 700°C, por um período de duas horas (Figura 9). Selecionou-se esta temperatura por ser descrita como a temperatura máxima atingida numa queima ao ar livre ou num incêndio doméstico (Eckert *et al.*, 1988; Tylecote, 1962; Waltenberger & Schutkowski, 2017). Apesar de numa situação real, a queima ser feita, geralmente, ao ar livre, uma replicação exata desta é impossível, uma vez estarem envolvidas diversas variáveis, entre as quais: combustível, disponibilidade de oxigénio e temperatura (Kooi & Fairgrieve, 2013; Robbins *et al.*, 2014). Por conseguinte, como se pretende fazer a análise de eventuais alterações das lesões após a sua queima, e não a recriação de uma queima ilegal, esta simulação, em laboratório, permitiu o controlo das variáveis,

possibilitando, ainda, a recuperação da totalidade do material ósseo, o que no exterior poderia ser inviável (Macoveciuc *et al.*, 2017; Marciniak, 2009).

As amostras foram colocadas no interior da mufla em taças de cerâmica, permitindo a recuperação da totalidade do material (Figura 9). A temperatura manteve-se constante, a 700°C, desde o minuto zero até ao fim das duas horas. Seguidamente retiraram-se as amostras, deixando-as arrefecer durante uma hora. Somente após o arrefecimento foram armazenadas, minimizando a probabilidade de os ossos se fraturarem com o seu manuseamento.



Figura 9 – Mufla Heraeus KR 260 E.

O grupo dos ossos frescos foi sujeito a um processo de maceração. As amostras foram colocadas em água tépida (40° C), em recipientes identificados, até à remoção completa dos tecidos moles. A água foi substituída regularmente, tendo este processo demorado quatro semanas para o grupo da faca pequena e cinco semanas para o grupo da faca grande. Optou-se por não utilizar detergentes enzimáticos, uma vez que alguns resíduos metálicos poderiam ser eliminados por estas soluções (Vermeij *et al.*, 2012).

3.4. Análise microscópica e processamento de imagens

As amostras foram observadas ao estereomicroscópio *Leica EZ4* para a captação de imagens. O plano inicial seria a observação das marcas incisais no microscópio eletrônico de varrimento. Porém, mesmo com a ampliação mínima útil do microscópio (35x) foi impossível a obtenção de imagens, para algumas amostras, que contemplassem a totalidade da incisão (Anexo 21).

As imagens no estereomicroscópio foram obtidas em dois planos: vista superior e vista lateral. Desta forma, foi possível a observação da totalidade da marca incisiva, bem como da sua extremidade anterior, o que permitiu a medição das variáveis selecionadas: comprimento, largura, profundidade, ângulo de abertura (Ab), ângulo do pavimento direito (PD) e esquerdo (PE) (Figura 10). Para a variável “largura” foram efetuadas três medições ao longo da marca, sendo, posteriormente, efetuada a média. Adotou-se esta abordagem, dado a largura não ser constante ao longo da incisão.

Na análise morfológica, analisaram-se as seguintes características: coloração, forma, margens, presença ou ausência de elevação ou desgaste, presença ou ausência de fragmentos e fraturas.

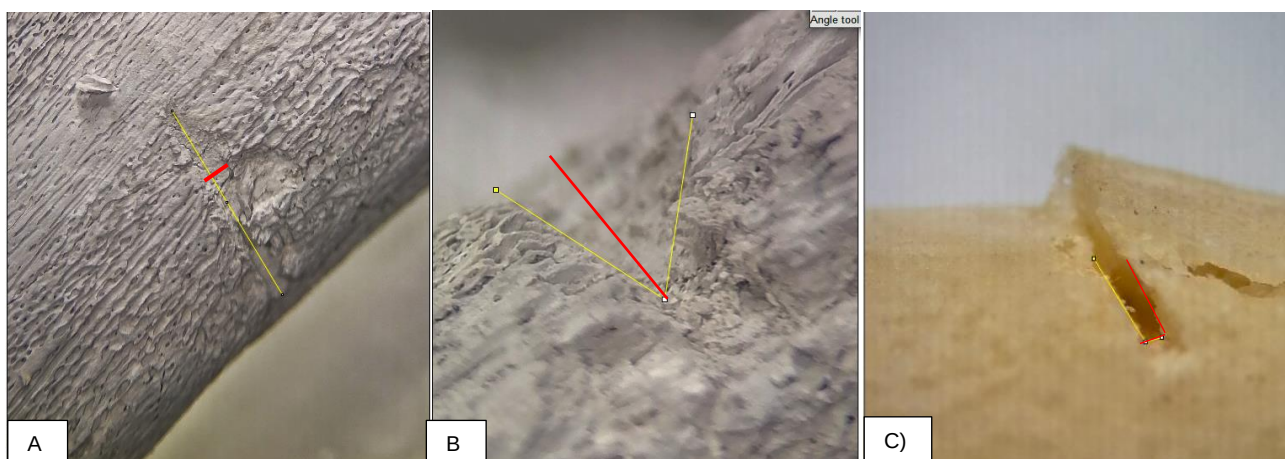


Figura 10 – Variáveis analisadas.

Legenda: A) Amarelo: comprimento; vermelho: largura; B) amarelo: ângulo Ab; vermelho: profundidade; C) amarelo: ângulo PE; vermelho: ângulo PD.

De seguida as imagens obtidas foram analisadas no programa *ImageJ*, efetuando-se a medição das variáveis acima mencionadas. Para tal, para além das fotografias das marcas incisais, foram obtidas outras com uma régua, na mesma ampliação de cada fotografia, criando-se uma escala para a calibração do software.

3.5. Análise elementar

A observação das amostras em SEM-EDS, para a análise elementar, foi antecedida pela preparação das mesmas. Assim, os ossos queimados foram limpos com um pincel, removendo-se os detritos. De seguida, as áreas ósseas que apresentavam marcas incisais foram cortadas com uma broca *NSK Ultimate 400*, justificando-se este procedimento por não ser possível colocar a costela inteira no suporte do microscópio para observação. O corte das amostras foi realizado por um especialista em histologia, conservando-se uma área de osso de segurança à volta da incisão, evitando-se a sua destruição. Como o microscópio eletrónico de varrimento apenas permite a observação de amostras completamente secas, aquelas que foram sujeitas a maceração foram colocadas, por um período de 24 a 48 horas, num exsiccador de vácuo, para remoção da humidade.

No microscópio eletrónico de varrimento *Jeol JMS-5400* (Figura 11), acoplado com um espectrómetro de dispersão de energia de raios-X (detetor *Bruker XFlash Detector 610 Mini* e software *Bruker ESPRIT Compact*), foram observadas as lesões incisais e captadas as imagens para realizar a análise elementar. Nesta última foi adotada, essencialmente, uma abordagem qualitativa, centrada na identificação dos elementos químicos presentes nas amostras e não na sua quantificação. Pelo facto de as amostras em estudo não serem planas, apresentando relevo, uma análise elementar quantitativa acabaria por estar comprometida. A morfologia irregular das marcas incisais, resultado da presença de lascas ósseas e elevação das margens, poderia potenciar desvios significativos na trajetória dos raios-X até ao detetor, sendo os resultados quantitativos daí extrapolados pouco úteis (Goldstein *et al.*, 2003; Newbury & Ritchie, 2013). A análise qualitativa foi efetuada ao longo da incisão, pois Gibelli e colaboradores (2012) referem uma distribuição aleatória dos resíduos metálicos na incisão. Numa primeira fase, identificaram-se os elementos químicos presentes em cada marca incisal,

através de observações com ampliações que variaram entre as 35 e as 50 vezes. Posteriormente, utilizaram-se maiores ampliações (100 – 2000x) para identificar eventuais resíduos metálicos presentes ao longo da incisão. Nesta etapa, tomou-se como controlo uma área do osso não afetada pelo objeto agressor, tanto para os ossos frescos como para os queimados.

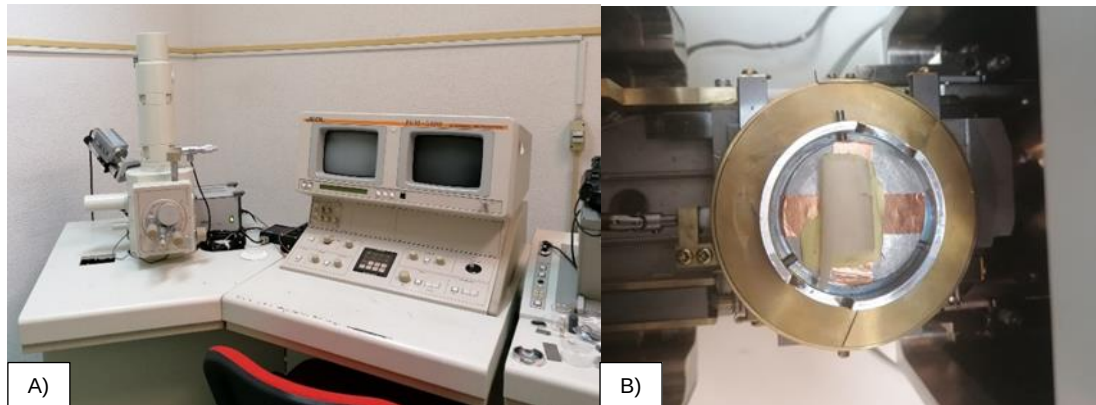


Figura 11 - A) Microscópio eletrónico de varrimento Jeol JMS-5400; B) suporte e amostra.

3.6. Análise estatística

Os resultados obtidos foram sujeitos a análise estatística no software *IBM SPSS Statistics 27*. Foram testadas as hipóteses nulas (H_0): (1) ausência de diferenças significativas entre as marcas incisadas produzidas pelas duas facas e (2) ausência de diferenças significativas entre osso fresco e queimado.

A normalidade dos resultados foi aferida através do Teste *Shapiro-Wilk*. Foram, também, realizados Testes-T e Testes de Classificações Assinadas por *Wilcoxon* para a comparação entre marcas incisadas produzidas pela mesma faca. A comparação entre osso fresco e queimado foi realizada através de Testes-T e de *Mann-Whitney*, por se considerarem amostras independentes entre si. Na análise estatística assumiu-se um nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise morfológica

Avaliou-se, em primeiro lugar, a percentagem de marcas incisais recuperadas para análise (Tabela 3), após a maceração ou a queima das costelas.

Tabela 3 - Percentagem de marcas incisais recuperadas.

Osso	Golpes infligidos	Marcas recuperadas
Fresco (faca pequena)	60	11 (18,33%)
Fresco (faca grande)	60	11 (18,33%)
Queimado (faca pequena)	157	12 (7,64%)
Queimado (faca grande)	158	11 (6,96%)

Em relação ao grupo dos ossos frescos, recuperaram-se apenas 18,33% das marcas infligidas. Já para o grupo dos ossos queimados, a percentagem variou entre 6,96% (faca grande) e 7,64% (faca pequena). Esta diferença entre os grupos pode ser explicada pela queima que fragilizou as costelas ao nível estrutural, especialmente no local da marca incisal, levando em muitos casos, à sua destruição (Figura 12), tal como foi observado por Gruchy & Rogers (2002).

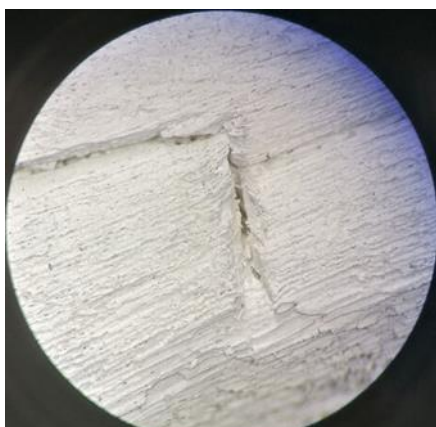


Figura 12 - Fraturas longitudinais no local da marca incisal, em osso queimado.

No entanto, a percentagem de marcas incisais recuperadas no grupo dos ossos frescos também é baixa, revelando que a maioria dos golpes infligidos não atingiu o osso, já que o objeto agressor passou pelo espaço intercostal. Comparativamente aos resultados apresentados por Ferllini (2012) com 74% de marcas recuperadas em osso fresco e Kooi & Fairgrieve (2013) com 91% de marcas incisais recuperadas em osso fresco e 33,3%-90,9% em osso queimado, as percentagens de marcas incisais recuperadas neste trabalho são consideravelmente inferiores. Em ambos os estudos referidos, as marcas incisais foram infligidas diretamente pelos investigadores, aumentando a probabilidade de contacto entre o objeto agressor e o osso, ao permitir maior variabilidade no ângulo de impacto. Na presente investigação eliminou-se essa variabilidade para garantir a uniformidade do procedimento de produção de marcas incisais. Assim, na presença de diferenças estatisticamente significativas entre as variáveis em análise, estas podem ser inequivocamente atribuídas às propriedades intrínsecas ao objeto agressor ou à queima do osso. Ademais, as diferenças nas percentagens obtidas ao nível dos ossos queimados podem ser explicadas por diferenças na duração da queima. Com efeito, a duração da queima no trabalho de Kooi & Fairgrieve (2013) foi apenas metade do tempo da adotada nesta investigação, logo uma menor exposição ao calor conduziu a uma menor destruição das marcas incisais.

Morfologicamente, o grupo dos ossos frescos caracterizava-se por uma coloração amarelo-acastanhada, típica do osso (Figura 13A). As marcas incisais (Tabela 4), conservavam, na sua maioria, a forma linear (Figura 13B). Porém, a largura não era tão uniforme quanto a descrita por alguns investigadores, designadamente Alunni-Perret e colaboradores (2010). Esta ausência de uniformidade deveu-se, sobretudo, à presença de lascas ósseas e à elevação de pelo menos uma das margens, conferindo irregularidade à incisão. Outras lesões apresentavam, ainda, desgaste numa das suas extremidades. Os presentes resultados são consistentes com os apresentados por Ferllini (2012). Transversalmente, as incisões exibiam a característica forma em V (Figura 13C) descrita em vários trabalhos (Alunni-Perret *et al.*, 2010; Ferllini, 2012; Shaw *et al.*, 2011). A distinção morfológica entre as marcas incisais produzidas pela faca pequena e pela faca grande revelou-se inviável.



Figura 13 – Osso fresco: A) costela; B) marca incisa (vista superior); C) marca incisa (vista lateral). A seta aponta para a elevação da margem.

Tabela 4 – Características morfológicas no grupo dos ossos frescos.

Característica	Forma linear	Largura uniforme	Elevação		Desgaste	Lascas ósseas	Forma em V
			Unilateral	Bilateral			
%	85%	15%	45%	15%	25%	55%	100%

Os ossos queimados apresentavam, por sua vez, uma coloração branco-acinzentada, indicativa das fases de inversão e fusão (Marques *et al.*, 2018; Munro *et al.*, 2007; Shipman *et al.*, 1984), acompanhada por uma clara redução no seu tamanho, comparativamente ao osso fresco. Registaram-se as fraturas típicas descritas na literatura (Correia, 1997; Symes *et al.*, 2012): longitudinais, transversas, transversas curvas, pátina e laminação (Figura 14). As transversas curvas apresentavam maior predominância, sendo as transversas as menos representadas (Tabela 5). Já as pátina estavam limitadas apenas às epífises das costelas (Figura 14D). De salientar que 8% das fraturas mencionadas encontravam-se no local da marca incisa, conduzindo à sua destruição.

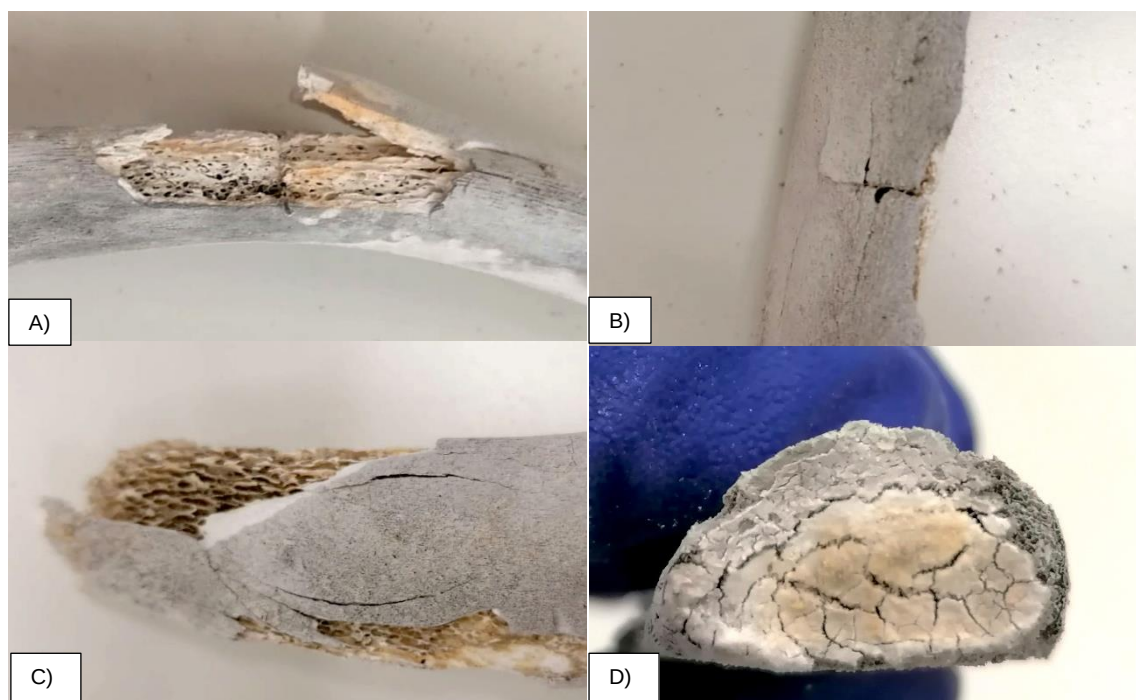


Figura 14 – Fraturas observadas nos ossos queimados: A) laminação; B) longitudinal e transversa; C) transversa curva; D) pátina.

Tabela 5 – Percentagem (%) do tipo de fratura nos ossos queimados.

Fratura	Longitudinal	Transversa	Transversa curva	Pátina	Laminação
%	26,78	10,12	29,17	17,26	16,67

As marcas incisadas nos ossos queimados exibiam, maioritariamente, uma forma linear, contudo, apenas 40% apresentavam uma largura uniforme em toda a sua extensão (Tabela 6). Em 60% das incisões verificou-se elevação de uma das margens, bem como desgaste (25%) numa das extremidades (Figura 15B). Os resultados obtidos são, qualitativamente, consistentes com os apresentados por Kooi & Fairgrieve, (2013) e Macoveciuc e colaboradores (2017), excetuando-se a elevação das margens que, segundo estes, tem a tendência de ser eliminada com a queima, o que não se verificou neste trabalho. De realçar que, contrariamente aos ossos frescos, o grupo dos ossos queimados não apresentou lascas ósseas, já que estas foram eliminadas durante a queima, podendo ser a explicação para a diferença identificada entre a largura uniforme do grupo de ossos frescos e queimados. Transversalmente, as incisões apresentavam a típica forma em V (Figura 15C) (Alunni-Perret *et al.*, 2010; Shaw *et al.*, 2011). Tal como para as marcas incisadas nos ossos frescos, morfologicamente, a distinção entre marcas

incisas produzidas pela faca pequena e pela faca grande em queimados revelou-se inviável.

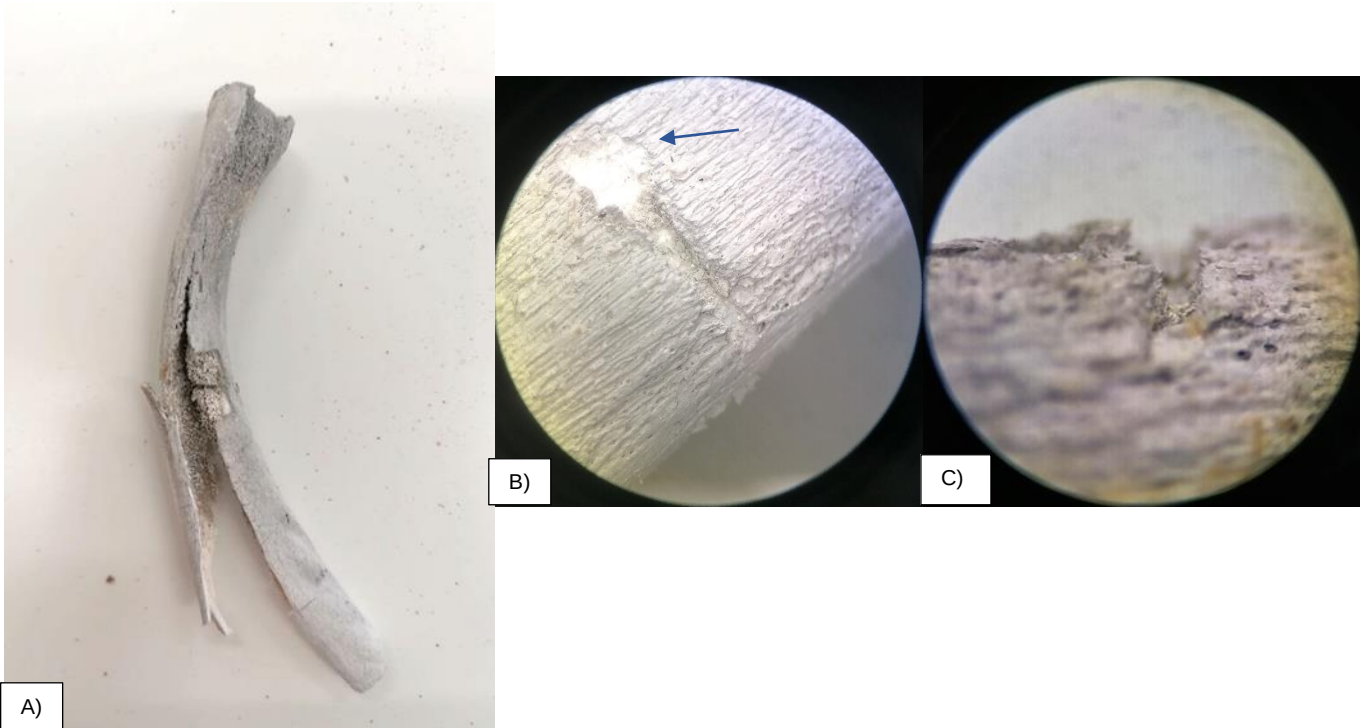


Figura 15 – Osso queimado: A) costela; B) marca incisa (vista superior); C) marca incisa (vista lateral). A seta aponta para o desgaste.

Tabela 6 - Características morfológicas no grupo dos ossos queimados.

Característica	Forma linear	Largura uniforme	Elevação		Desgaste	Lascas ósseas	Forma em V
			Unilateral	Bilateral			
%	95%	40%	60%	0%	25%	0%	100%

4.2. Análises métrica e estatística

Foram realizadas as medições para o grupo de ossos frescos de acordo com o tipo de objeto agressor: faca grande e faca pequena, contendo cada subgrupo 10

marcas incisas em costelas. Seguiu-se a análise estatística com a avaliação da dispersão associada a cada uma das variáveis, consoante o tipo de faca. Esta permitiu identificar as variáveis com menor dispersão dos valores obtidos, sendo consequentemente as mais adequadas à caracterização do objeto agressor. Para tal, foi calculado o coeficiente de variação, analisado apenas para as amostras de ossos frescos, de forma a não considerar eventuais modificações potenciadas pela queima.

Verificou-se que, para ambos os tipos de faca, as variáveis com menor coeficiente de variação eram os “ângulos PD e PE” (Tabela 7). Enquanto a maior dispersão de resultados associava-se às variáveis “largura” e “profundidade” para a faca pequena, e “ângulo Ab” para a faca grande (Tabela 7). De salientar que esta tendência foi igualmente observada por Waltenberger & Schutkowski (2017). Porém, no seu trabalho, apesar de terem utilizado o mesmo tipo de osso (costela) e a metodologia para a marcação das incisões ser semelhante, os coeficientes de variação obtidos para a totalidade das variáveis foram superiores aos obtidos no presente trabalho.

Conclui-se que os “ângulos PD e PE” constituem-se como as medidas mais fidedignas na caracterização de um determinado objeto agressor corto-perfurante. Contrariamente, as variáveis “largura”, “profundidade” e “ângulo Ab” são as menos adequadas. Relativamente à diferença entre os coeficientes de variação observados neste trabalho e os obtidos por Waltenberger & Schutkowski (2017), pode ser explicada pela presença de tecidos moles nas amostras, logo com uma espessura variável, introduzindo alguma variabilidade no processo de marcação das incisões.

Tabela 7 – Estatística descritiva das medidas obtidas em osso fresco e queimado de acordo com o tipo de faca.

	Tipo de faca	N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Padrão	Desvio padrão	Coefficiente de variação
TF – Comprimento (mm)	Grande	10	1,70	3,84	2,6840	0,63710	0,20147	7,506
	Pequena	10	0,92	5,42	2,7140	1,42809	0,45160	16,640
TF – Largura (mm)	Grande	10	0,16	0,39	0,2540	0,07877	0,02491	9,807
	Pequena	10	0,07	0,58	0,2590	0,15567	0,04923	19,008
TF - Ângulo (Ab) (°)	Grande	10	6,52	97,68	46,3030	31,96140	10,10708	21,828
	Pequena	10	8,47	78,42	56,4480	20,87836	6,60232	11,696
TF – Ângulo (PD) (°)	Grande	10	89,87	140,41	116,2070	17,12412	5,41512	4,660
	Pequena	10	88,59	140,62	119,9360	13,01128	4,11453	3,431
TF - Ângulo (PE) (°)	Grande	10	64,14	136,44	105,4220	21,73835	6,87427	6,521
	Pequena	10	88,39	133,21	115,5720	16,00936	5,06261	4,380
TF – Profundidade (mm)	Grande	10	0,23	0,70	0,4560	0,13006	0,04113	9,020
	Pequena	10	0,17	0,90	0,4470	0,23782	0,07520	16,823
TQ – Comprimento (mm)	Grande	10	2,27	3,83	2,9380	0,52654	0,16651	5,667
	Pequena	10	1,76	4,01	2,5840	0,87495	0,27668	10,707
TQ – Largura (mm)	Grande	10	0,24	0,88	0,3880	0,19089	0,06037	15,559
	Pequena	10	0,06	0,60	0,2250	0,14562	0,04605	20,467
TQ - Ângulo (Ab) (°)	Grande	10	14,86	62,77	37,0790	18,40068	5,81881	15,693
	Pequena	10	18,15	69,64	37,0050	16,30138	5,15495	13,930
TQ - Ângulo (PD) (°)	Grande	10	85,84	134,51	114,1960	16,01241	5,06357	4,434
	Pequena	10	89,13	118,34	100,3910	9,05852	2,86456	2,853
TQ - Ângulo (PE) (°)	Grande	10	84,61	132,74	99,9060	14,88856	4,70818	4,712
	Pequena	10	100,46	121,93	113,2820	7,74719	2,44988	2,162
TQ – Profundidade (cm)	Grande	10	0,28	1,14	0,6350	0,33745	0,10671	16,805
	Pequena	10	0,12	0,81	0,4510	0,19347	0,06118	13,565

Legenda: TF – tecido fresco; TQ – tecido queimado.

Relativamente à comparação entre as variáveis das marcas incisais produzidas no osso fresco pelas duas facas, não se verificou diferenças estatisticamente significativas (Tabela 8). Por outro lado, para o osso queimado, constatou-se diferenças estatisticamente significativas entre as variáveis: largura, ângulo PD e ângulo PE (Tabela 9 e Figura 16). A ausência de diferenças estatisticamente significativas ao nível do osso fresco revela a impossibilidade de se distinguir os dois objetos agressores através da análise da marca incisal, podendo as diferenças encontradas nas costelas queimadas ser explicadas por alterações induzidas pela temperatura.

Os resultados obtidos em osso fresco não estão de acordo com os apresentados por Bartelink e colaboradores (2001) e Norman e colaboradores (2018). Os primeiros encontraram diferenças estatisticamente significativas entre a largura das incisões produzidas por objetos distintos. Porém, utilizaram osso limpo aquando da marcação das lesões incisais, o que pode eventualmente explicar a discrepância com os resultados obtidos neste trabalho. Já os segundos investigadores identificaram diferenças estatisticamente significativas entre as variáveis métricas analisadas, o que lhes

permitiu a distinção entre facas com morfologia das lâminas distintas: serrilhadas e não serrilhadas. Esta discordância pode ser explicada pela semelhança morfológica dos objetos agressores adotados neste trabalho, que se diferenciam apenas por diferenças métricas (faca pequena e faca grande). Conclui-se que os resultados obtidos não permitem a atribuição de características intrínsecas a cada uma das facas – ambas não serrilhadas – e que possibilitem a sua distinção ao nível da marca incisa.

Tabela 8 - Comparação entre as marcas incisadas em osso fresco produzidas pela faca grande e faca pequena.

Osso Fresco	Faca grande	Faca pequena	p
Comprimento (mm)	2,68 (0,64)	2,71 (1,43)	0,952
Largura (mm)	0,25 (0,08)	0,26 (0,16)	0,929
Profundidade (mm)	0,46 (0,13)	0,45 (0,24)	0,918
Ângulo Ab (°)	46,30 (31,96)	56,45 (20,88)	0,413
Ângulo PD (°)	116,21 (17,12)	119,94 (13,01)	0,853 *
Ângulo PE (°)	105,42 (21,74)	115,57 (16,01)	0,250

Teste t para amostras independentes, exceto (*) teste de Mann-Whitney.

Legenda: média (erro padrão).

Tabela 9 - Comparação entre as marcas incisadas em osso queimado produzidas pela faca grande e faca pequena.

Osso Queimado	Faca grande	Faca pequena	p
Comprimento (mm)	2,94 (0,53)	2,58 (0,87)	0,287
Largura (mm)	0,39 (0,19)	0,22 (0,15)	0,005 *
Profundidade (mm)	0,63 (0,34)	0,45 (0,19)	0,156
Ângulo Ab (°)	37,08 (18,40)	37,00 (16,30)	0,993
Ângulo PD (°)	114,20 (16,01)	100,39 (9,06)	0,032
Ângulo PE (°)	99,91 (14,89)	113,28 (7,75)	0,021

Teste t para amostras independentes, exceto (*) teste de Mann-Whitney. A negrito estão os resultados estatisticamente significativos.

Legenda: média (erro padrão).

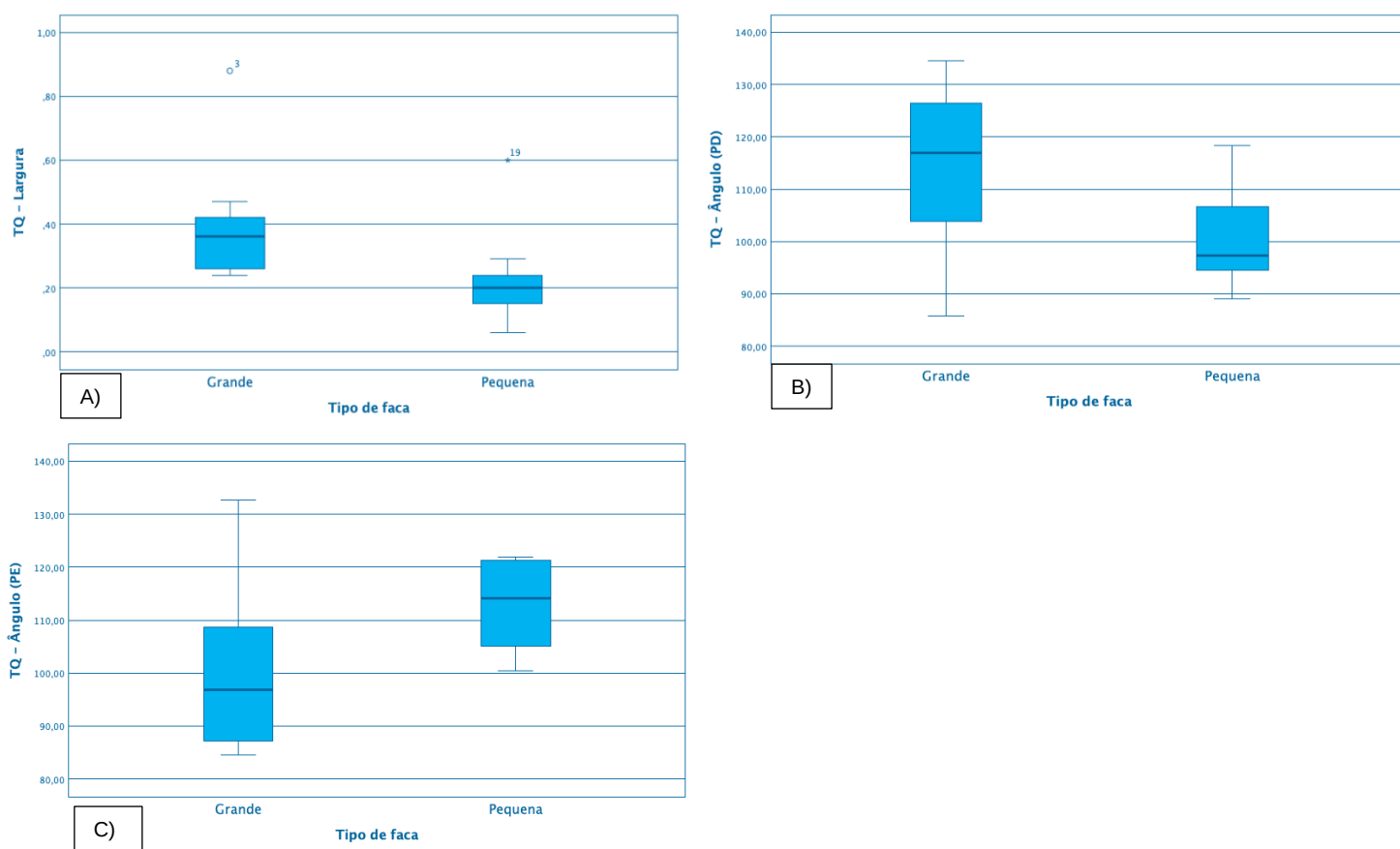


Figura 16 – Boxplot para as variáveis que apresentaram diferenças estatisticamente significativas em osso queimado: A) largura; B) ângulo PD; C) ângulo PE.

No que respeita à comparação entre marcas incisadas em osso fresco e queimado, produzidas pela mesma faca, os resultados demonstraram que para a faca pequena registaram-se diferenças estatisticamente significativas nas variáveis: ângulo Ab e ângulo PD (Tabela 10). Em relação à faca grande, estas diferenças estatisticamente significativas foram identificadas apenas na variável “largura” (Tabela 11).

Estes resultados identificam três variáveis – comprimento, profundidade e ângulo P.E. – transversais a ambos os objetos agressores, que demonstraram não sofrer alterações significativas após a exposição do osso a elevadas temperaturas. Os resultados obtidos não estão inteiramente de acordo com os de Waltenberger & Schutkowski (2017). Estes investigadores encontraram diferenças estatisticamente significativas para ambos os ângulos do pavimento, mas não para a largura e ângulo Ab. Já para as variáveis “comprimento” e “profundidade”, os resultados são concordantes. Relativamente às discrepâncias entre os trabalhos, estas podem dever-

se a diferenças ao nível da amostra. Waltenberger & Schutkowski (2017) recorreram a amostras com tecidos moles, mas sem pele que, como referido no tópico “2.7. Modelo animal”, é o tecido que oferece maior resistência à penetração pelo objeto agressor. Assim, pode deduzir-se que a presença da pele pode alterar as dinâmicas que envolvem o mecanismo corto-perfurante, acabando por essas alterações se traduzirem ao nível da marca incisa.

De relevar ainda que o facto de terem sido encontradas diferenças estatisticamente significativas para a “largura” e “ângulo PD” (Tabela 10) justifica a ocorrência de diferenças estatisticamente significativas para estas variáveis, apenas em osso queimado, quando feita a comparação entre marcas incisais produzidas pelas duas facas (Tabela 9). Assim, estas alterações deverão ser atribuídas à temperatura e não a diferenças intrínsecas aos objetos agressores, tal como havido sido mencionado.

Tabela 10 - Comparação entre as marcas incisais de ossos frescos e queimados produzidas pela faca pequena.

Faca pequena	Osso fresco	Osso queimado	p
Comprimento (mm)	2,71 (1,43)	2,58 (0,87)	0,804
Largura (mm)	0,26 (0,16)	0,22 (0,15)	0,646 *
Profundidade (mm)	0,45 (0,24)	0,45 (0,19)	0,970
Ângulo Ab (°)	56,45 (20,88)	37,00 (16,30)	0,042
Ângulo PD (°)	119,94 (13,01)	100,39 (9,06)	0,017 *
Ângulo PE (°)	115,57 (16,01)	113,28 (7,75)	0,616

Teste t para amostras emparelhadas, exceto (*) teste de Wilcoxon. A negrito estão os resultados estatisticamente significativos.

Legenda: média (erro padrão).

Tabela 11 - Comparação entre as marcas incisais de ossos frescos e queimados produzidas pela faca grande.

Faca grande	Osso fresco	Osso queimado	p
Comprimento (mm)	2,68 (0,64)	2,94 (0,53)	0,408
Largura (mm)	0,25 (0,08)	0,39 (0,19)	0,005 *
Profundidade (mm)	0,46 (0,13)	0,63 (0,34)	0,191
Ângulo Ab (°)	46,30 (31,96)	37,08 (18,40)	0,246
Ângulo PD (°)	116,21 (17,12)	114,20 (16,01)	0,622
Ângulo PE (°)	105,42 (21,74)	99,91 (14,89)	0,472

Teste t para amostras emparelhadas, exceto (*) teste de Wilcoxon. A negrito estão os resultados estatisticamente significativos.

Legenda: média (erro padrão).

Analisando-se a globalidade dos resultados obtidos, a variável “ângulo PE” revelou-se como a mais adequada à caracterização do objeto agressor, tanto em osso fresco, como em osso queimado. Com efeito, apresenta uma baixa dispersão das medições em ambas as facas, bem como não se identificaram diferenças estatisticamente significativas para esta variável entre osso fresco e queimado.

4.3. Análise elementar

Na análise elementar das marcas incisais foi necessário, em primeiro lugar, estabelecer os controlos, tanto para as facas, como para os ossos fresco e queimado. A faca pequena revelou uma composição em ferro (Fe), crómio (Cr) e carbono (C) (Figura 17, Tabela 12). A faca grande, para além dos elementos referidos para a faca pequena, continha uma percentagem diminuta de silício (Si) (Figura 18, Tabela 13). Estes elementos constituem a composição normal de algumas ligas de ferro (Samuels, 1999).

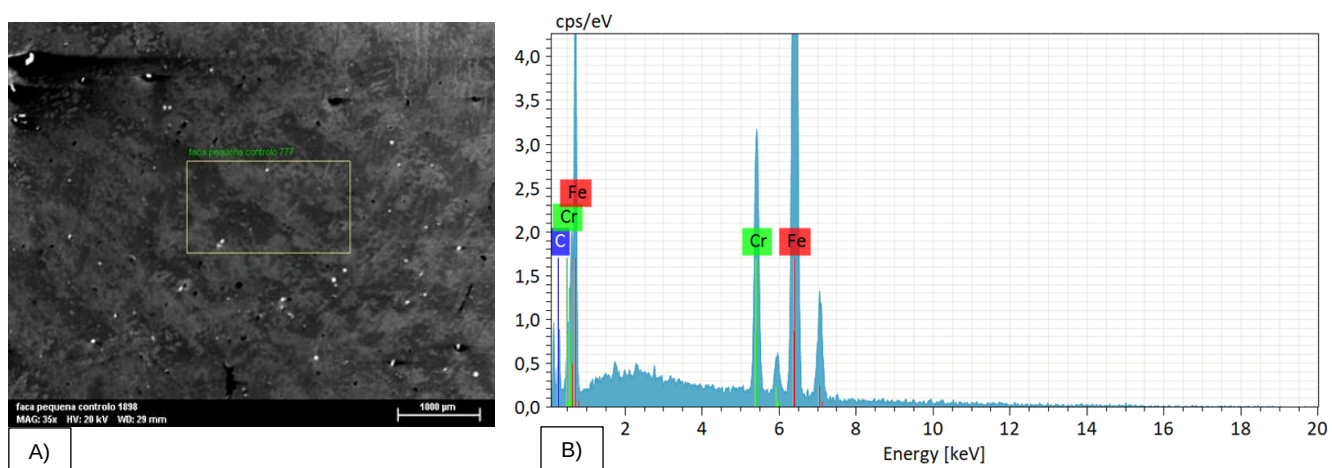


Figura 17 – Controlo para a faca pequena: A) imagem SEM; B) espetro SEM-EDS.

Tabela 12 – Análise elementar para a faca pequena (controlo).

Elementos	C	Cr	Fe
Concentração mássica normalizada (%)	8,67	13,72	77,61

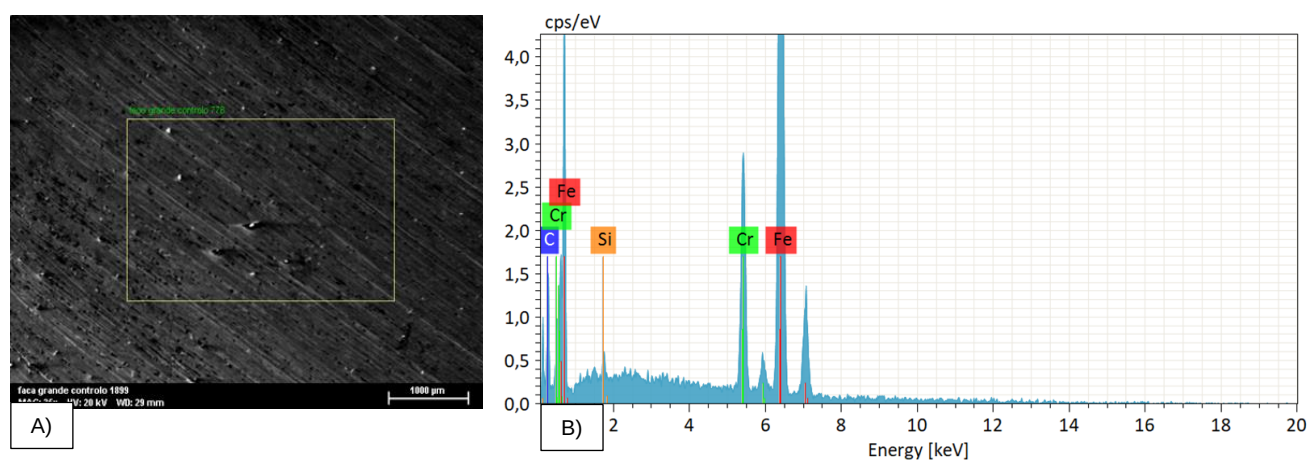


Figura 18 - Controlo para a faca grande: A) imagem SEM; B) espetro SEM-EDS.

Tabela 13 - Análise elementar para a faca grande (controlo).

Elementos	C	Si	Cr	Fe
Concentração mássica normalizada (%)	15,24	0,50	12,19	72,08

A análise da amostra controlo de osso fresco revelou uma composição elementar constituída maioritariamente por carbono (C), oxigénio (O) cálcio (Ca) e fósforo (P) (Figura 19, Tabela 14). Em relação ao osso queimado identificaram-se sódio (Na), magnésio (Mg), alumínio (Al) e potássio (K), bem como oxigénio (O), fósforo (P) e cálcio (Ca), já referidos para o osso fresco (Figura 20, Tabela 15). Em ambas as amostras controlo, a presença destes elementos químicos era esperada, já que integram as componentes orgânica e inorgânica do tecido ósseo (Sawasdee *et al.*, 2012; Zimmerman *et al.*, 2015). Por exemplo, o sódio, magnésio, alumínio e potássio estão associados à substituição iónica ao nível da matriz de fosfato de cálcio, sendo correntes tanto em osso fresco, como queimado (Sawasdee *et al.*, 2012; Zimmerman *et al.*, 2015). A presença de potássio e sódio no osso queimado pode ser explicada pelo processo de hemólise, uma vez que as amostras foram queimadas com algum tecido aderente (Walden *et al.*, 2018). A hemólise é a rutura da membrana celular dos eritrócitos com libertação do seu conteúdo, do qual fazem parte os elementos sódio e potássio (Weisel & Litvinov, 2019). Já a identificação de magnésio pode ser atribuída ao seu papel crítico no processo de mineralização do osso, sendo que a maior reserva deste elemento no organismo se encontra associada à superfície óssea (Walden *et al.*, 2018). Os resultados obtidos são qualitativamente consistentes com os apresentados por Ellingham e colaboradores (2018).

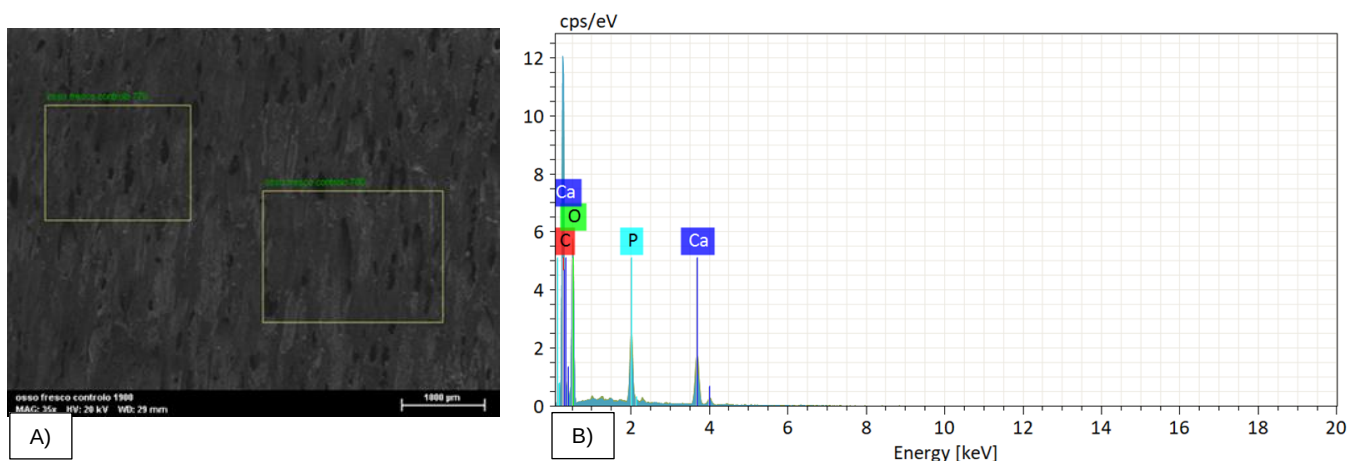


Figura 19 - Controlo para o osso fresco: A) imagem SEM; B) espectro SEM-EDS.

Tabela 14 - Análise elementar para o osso fresco (controlo).

Elementos	C	O	P	Ca
Concentração mássica normalizada (%)	52,89	40,85	1,92	4,34

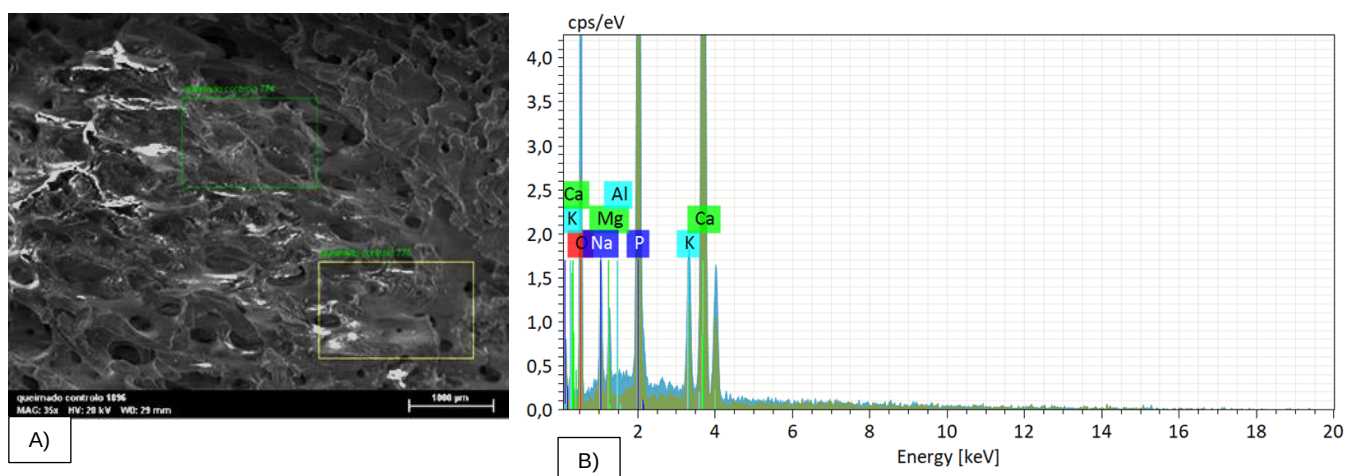


Figura 20 - Controle para o osso queimado: A) imagem SEM; B) espectro SEM-EDS.

Tabela 15 - Análise elementar para o osso queimado (controle).

Elementos	O	Na	Mg	Al	P	K	Ca
Concentração mássica normalizada (%)	46,77	0,07	0,06	0,05	16,52	3,49	33,04

No que diz respeito à análise das marcas incisadas em osso fresco, produzidas pela faca pequena, foi possível discriminar a presença de carbono, oxigénio, sódio, magnésio, alumínio, fósforo, cálcio, crómio e ferro (Tabela 16). Comparativamente ao controlo, estas amostras apresentaram ainda sódio, magnésio, alumínio, crómio e ferro. A razão Ca/P, variou entre 1,79 e 2,69, estando os valores mínimo e máximo ligeiramente abaixo e acima, respetivamente, dos valores reportados por Ellingham e colaboradores (2018): 1,84 – 2,5.

Em relação às marcas incisadas em osso fresco, produzidas pela faca grande, foram detetados carbono, oxigénio, sódio, magnésio, alumínio, fósforo, cálcio e crómio (Tabela 16). Os elementos químicos sódio, magnésio, alumínio e crómio não tinham sido detetados no controlo. Já a razão Ca/P revelou valores entre 1,80 e 2,94, estando os valores mínimo e máximo ligeiramente abaixo e acima, respetivamente, dos valores reportados por Ellingham e colaboradores (2018).

Tabela 16 – Quadro resumo dos elementos químicos identificados no grupo dos ossos frescos e razão Ca/P.

Elementos Marca	C	O	Na	Mg	Al	P	Ca	Cr	Fe	Ca/P
Fpf concentração mássica normalizada (%), min e máx.	52,09 - 77,89	17,63 - 37,58	0,06	0,22	1,92	0,27 - 6,86	0,71 - 16,58	0,01 - 0,17	0,02 - 0,28	1,79 - 2,69
Fgf concentração mássica normalizada (%), min e máx.	53,69 - 66,45	25,06 - 39,11	0,36	0,38	1,73	0,92 - 5,55	1,01 - 14,46	0,03	-	1,80 - 2,94

Legenda: Fpf – faca pequena fresco; Fgf – faca grande fresco.

A presença dos elementos químicos identificados nas marcas incisais, para ambos os grupos (faca pequena e faca grande), era a esperada. Como referido acima, o sódio e o magnésio são parte integrante das componentes orgânica e inorgânica do tecido ósseo (Sawasdee *et al.*, 2012; Zimmerman *et al.*, 2015), podendo também estar associados ao processo de hemólise (Walden *et al.*, 2018). Têm, ainda, conjuntamente com o alumínio, ferro e crómio, um papel na substituição iónica ao nível da matriz de fosfato de cálcio (Sawasdee *et al.*, 2012; Zimmerman *et al.*, 2015). A composição elementar da componente inorgânica do osso pode alterar-se, sendo os iões desta matriz repostos pelos elementos mencionados (Zimmerman *et al.*, 2015). Relativamente à razão Ca/P, o valor máximo e mínimo ligeiramente acima e abaixo, respetivamente, dos valores de referência pode explicar-se pela perda de matéria óssea aquando da produção da marca incisal. Na análise elementar por SEM-EDS, os valores obtidos não são medições absolutas, mas sim relativas, da percentagem atómica do elemento químico na superfície óssea (Ellingham *et al.*, 2018). Assim, oscilações em torno dos valores de referência para esta razão são expectáveis, já que a perda da integridade óssea acaba por alterar a normal proporção existente entre estes dois elementos num osso inalterado. Desta forma, se a leitura for feita numa região da incisão em que a perda de fósforo for superior à de cálcio, a razão Ca/P é superior. Contrariamente, uma leitura numa região onde a perda de cálcio for superior à de fósforo, conduzirá a uma diminuição desta razão.

No grupo dos ossos frescos foi inviável a individualização de resíduos metálicos provenientes do objeto agressor. Apesar de se identificarem ferro e crómio, as percentagens de cada um eram reduzidas (Tabela 16), não se podendo atribuir inequivocamente a sua presença aos resíduos metálicos transferidos pela faca aquando

da produção da marca incisa, já que podem ser vestígios residuais normais à composição inorgânica do osso.

Relativamente ao grupo dos ossos queimados, a análise elementar foi possível apenas para uma marca incisa produzida pela faca pequena. Dado a fragilidade associada aos ossos deste grupo, já descrita na análise morfológica, várias incisões foram acidentalmente destruídas durante o processo de corte ou montagem no microscópio. Nesta lesão incisa identificaram-se os seguintes elementos químicos: carbono, oxigénio, sódio, magnésio, alumínio, silício, fósforo, potássio e cálcio, sendo a razão Ca/P ligeiramente elevada (2,67) (Tabela 17). Comparativamente à amostra controlo, a incisão revelou, adicionalmente, elementos de carbono e silício. A presença de carbono era expectável pois é um elemento comum nos sistemas biológicos (Walden *et al.*, 2018; Zimmerman *et al.*, 2015). Já o silício está diretamente associado à substituição iónica ao nível da matriz de fosfato de cálcio (Sawasdee *et al.*, 2012; Zimmerman *et al.*, 2015), tendo sido também detetado residualmente por Ellingham e colaboradores (2018).

Em relação às marcas incisadas em osso queimado, produzidas pela faca grande, foi exequível a análise elementar de quatro, tendo as restantes sido destruídas durante o processo de preparação para a observação no microscópio eletrónico de varrimento. Nestas foi detetada a presença de carbono, azoto (N), oxigénio, sódio, magnésio, alumínio, fósforo, cloro (Cl), potássio e cálcio (Tabela 17). A razão Ca/P variou entre 1,13 e 2,54, estando o valor mínimo ligeiramente abaixo do valor de referência (Ellingham *et al.*, 2018; Grupe & Hummel, 1991). Para além dos elementos detetados na amostra controlo para o osso queimado, este grupo apresentou carbono, azoto e cloro. Tal como o carbono, o azoto é um elemento químico comum na matriz óssea (Zimmerman *et al.*, 2015). Relativamente ao cloro, a sua deteção pode ser consequência da substituição do grupo hidroxilo (OH) da hidroxiapatite pelo mesmo (Zimmerman *et al.*, 2015). No que diz respeito à razão Ca/P, o valor mínimo é ligeiramente inferior ao valor de referência, o que pode ser explicado, uma vez mais, pela perda de matéria óssea e consequente alteração da normal proporção entre estes dois elementos, como foi referido acima.

No grupo dos ossos queimados foi possível individualizar resíduos metálicos – ferro e crómio – em ambas as facas, ainda que a sua presença fosse diminuta. Contrariamente às amostras de osso fresco, nos ossos queimados a identificação de ferro e crómio não era apenas residual, representando os maiores picos nos espetros SEM-EDS (Figura 21B, 22B, 23B, 24B e 25B). Por conseguinte, foi possível a

discriminação de resíduos provenientes do objeto agressor, em relação à expetável composição inorgânica do osso. Estes resíduos foram identificados como regiões mais brilhantes da amostra, o que se explica pela maior condutividade associada aos metais. Morfologicamente, alguns resíduos metálicos não apresentavam uma forma definida, estando distribuídos difusamente numa área da amostra sem margens bem delimitadas (Figura 24A). Noutros casos, foi possível a distinção de uma partícula com limites bem demarcados e de maiores dimensões (Figura 21A, 22A, 23A e 25A). Estas observações são semelhantes às de Gibelli e colaboradores (2012), que identificaram resíduos metálicos de dimensões muito heterogéneas entre si. Relativamente à sua localização, estes resultados são, uma vez mais concordantes: os resíduos metálicos apresentavam uma distribuição aleatória, tornando a sua pesquisa complexa. Ademais, não foram identificados ao nível da marca incisa propriamente dita, mas na superfície óssea adjacente/contígua às margens da incisão.

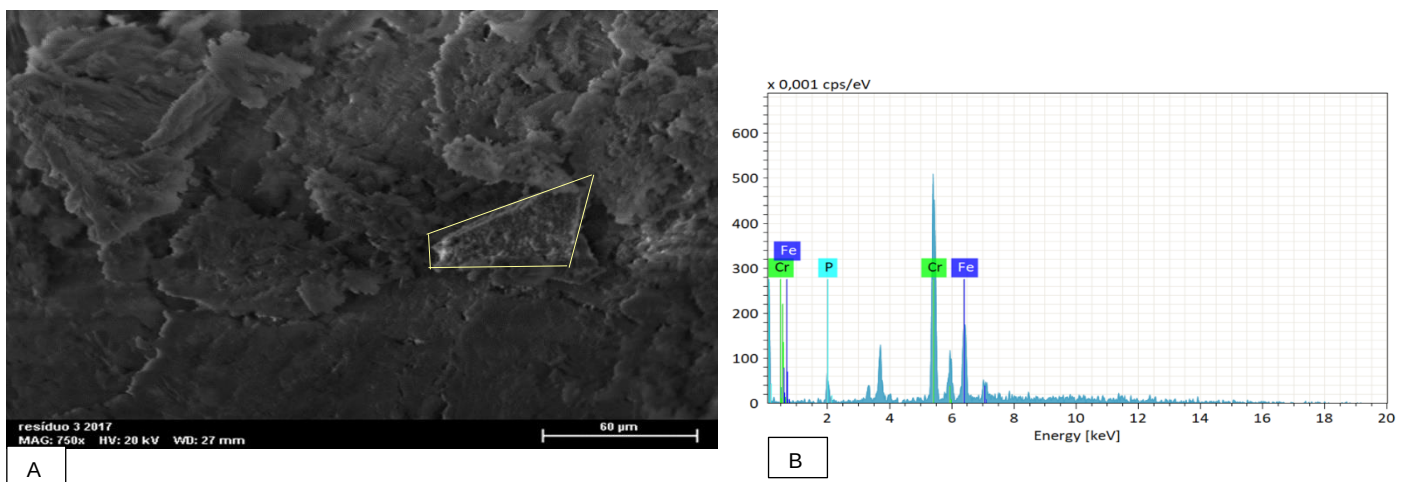


Figura 21 - A) Partícula metálica em osso queimado (faca pequena); B) espectro SEM-EDS correspondente.

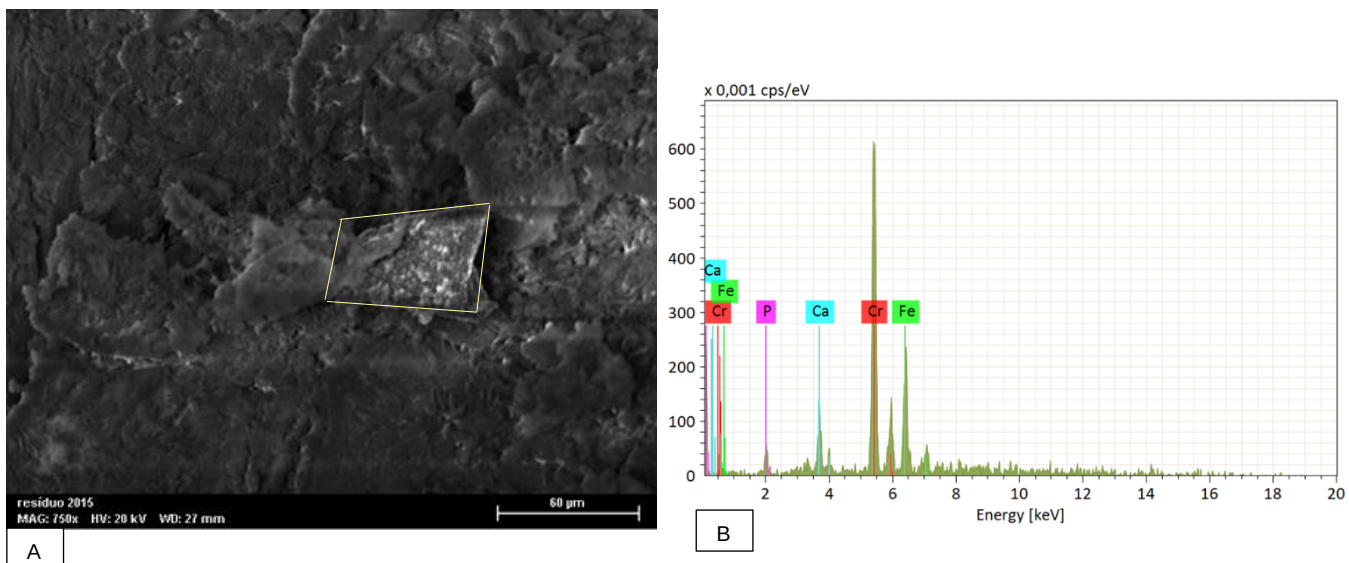


Figura 22 – Partícula metálica em osso queimado (faca grande); B) espectro SEM-EDS correspondente (I).

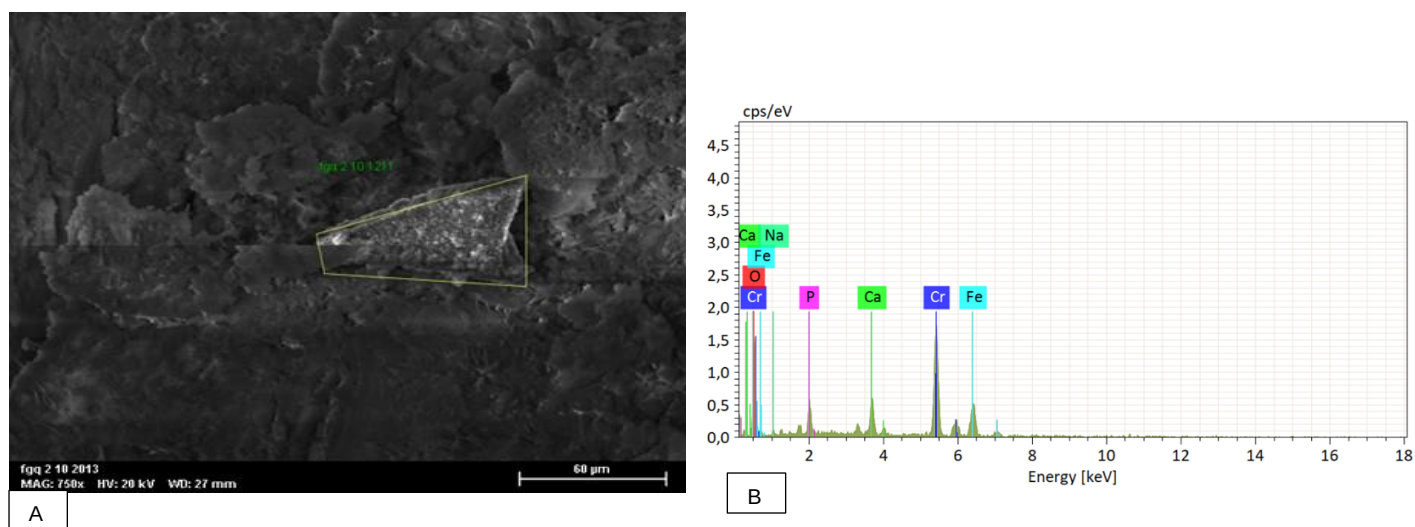


Figura 23 - Partícula metálica em osso queimado (faca grande); B) espectro SEM-EDS correspondente (II).

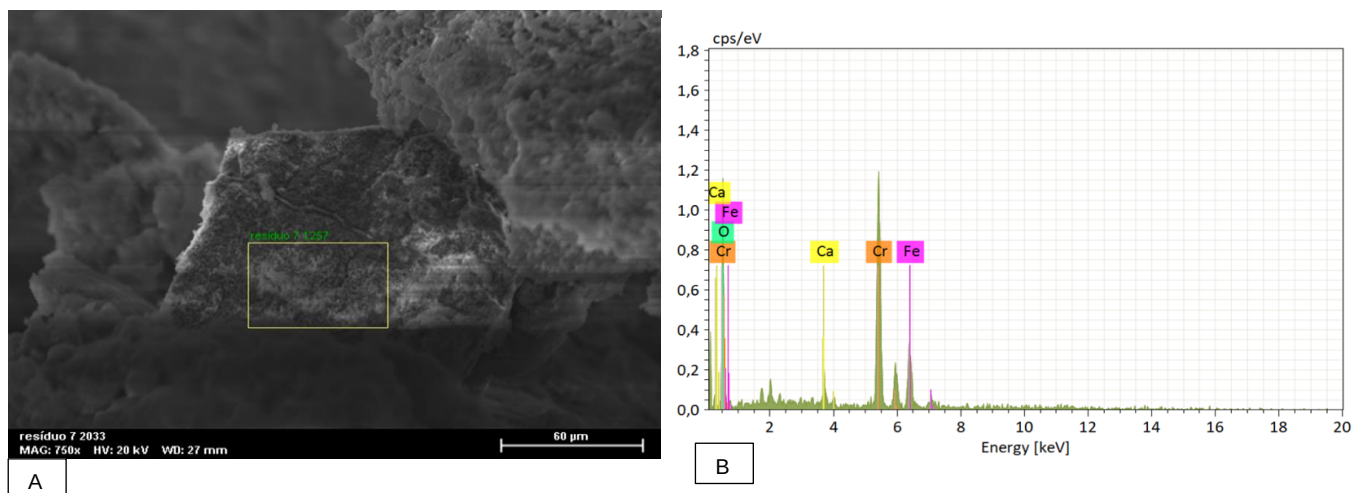


Figura 24 – Aglomerado irregular de resíduos metálicos em osso queimado (faca grande); B) espectro SEM-EDS correspondente.

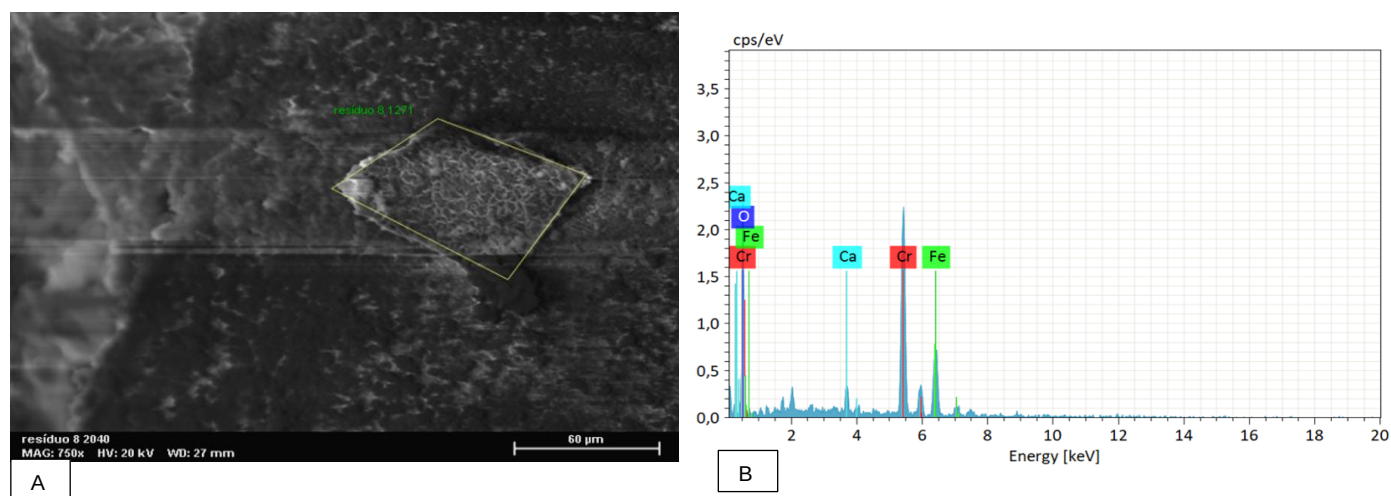


Figura 25 - A) Partícula metálica em osso queimado (faca grande); B) espectro SEM-EDS correspondente (III).

Tabela 17 - Quadro resumo dos elementos químicos identificados no grupo dos ossos queimados e razão Ca/P.

Elementos Marca	C	N	O	Na	Mg	Al	Si	P	Cl	K	Ca	Ca/P
Fpq - concentração mássica normalizada (%), min e máx	41,95	-	40,36	0,98	0,99	1,10	1,00	3,57	-	0,51	9,54	2,67
Fgq - concentração mássica normalizada (%), min e máx	2,89 – 9,28	8,54	38,91 – 45,60	0,75 – 4,61	1,01 – 4,31	0,04 – 0,25	-	13,83 – 18,74	0,38 – 0,83	0,82 – 6,26	18,21 – 35,06	1,13 – 2,54

Legenda: Fpq – faca pequena queimado; Fgq – faca grande queimado.

A identificação de resíduos metálicos no grupo de ossos queimados revelou que ocorreu transferência de partículas do objeto agressor para as costelas. Não obstante a queima constituir um processo destrutivo, ainda é possível detectar e identificar resíduos metálicos do objeto agressor. Relativamente à quantidade diminuta dos mesmos, bem como à sua distribuição irregular, pode não ser uma consequência da destruição potenciada pela queima, pois já Gibelli e colaboradores (2012) tinham reportado o mesmo em osso fresco. Apesar de Bai e colaboradores (2007) e Palazzo e colaboradores (2018) terem identificado quantidades significativas de resíduos metálicos provenientes do objeto agressor, fizeram-no ao nível da pele. Estes resultados discrepantes podem revelar que a maioria dos resíduos metálicos transferidos do objeto agressor, no momento do impacto, fica retida na pele, sendo escassos aqueles que atingem o osso.

A não deteção inequívoca de resíduos metálicos das facas utilizadas nas costelas, no grupo dos ossos frescos, sugere uma possível destruição dos mesmos durante o processo de maceração. Esta destruição pode ter sido causada pela ação mecânica da água, ocorrendo uma “lavagem” destes resíduos, uma vez que as amostras estiveram submersas durante 4-5 semanas. Como foi mencionado, Gibelli e colaboradores (2012) identificaram resíduos metálicos do objeto agressor em osso fresco. Porém, as lesões incisais foram produzidas diretamente no osso limpo, sem tecidos moles envolventes, pelo que as amostras não foram maceradas. Por outro lado, Vermeij e colaboradores (2012) não referem as condições físicas da amostra, pelo que a comparação com os resultados do presente trabalho não é possível.

5. CONCLUSÃO

Na presente dissertação comprovou-se a complexidade inerente ao estudo de marcas incisas em osso já descrita por outros investigadores. Demonstrou-se que, em determinadas condições, a percentagem de incisões recuperadas pode ser reduzida. Por conseguinte, é necessária prudência na sua manipulação para evitar a destruição das marcas nos ossos, nomeadamente na preparação para observação no microscópio eletrónico de varrimento.

Na análise morfológica verificou-se que as lesões em osso fresco e em osso queimado apresentavam as típicas formas linear (vista superior) e em V, quando vistas transversalmente. Já a largura, na maioria dos casos, não era uniforme ao longo da incisão. Às marcas incisas em osso fresco associava-se um aspeto mais irregular, nomeadamente pela presença de lascas ósseas.

Na análise métrica concluiu-se que os ângulos P.D. e P.E. apresentavam a menor dispersão entre as marcas incisas, constituindo-se como os melhores candidatos à caracterização de um objeto agressor. Constatou-se, igualmente, que objetos agressores com características morfológicas semelhantes impossibilitam a sua identificação, uma vez não ter sido possível encontrar diferenças estatisticamente significativas entre as lesões no osso produzidas pelas duas facas (grande e pequena). Por conseguinte, a abordagem quantitativa apresenta limitações na discriminação de armas-problema num contexto forense, quando os objetos em análise forem morfológicamente semelhantes.

Relativamente às alterações métricas após a queima, estas verificaram-se nas variáveis: largura, ângulo Ab e ângulo PD. Enquanto o comprimento, profundidade e ângulo PE não foram significativamente afetados pela exposição a elevadas temperaturas, apresentando-se como os melhores candidatos à análise de lesões incisas em ossos queimados.

Tanto morfológica, como quantitativamente, ficou demonstrado que a pele altera as dinâmicas envolvidas no trauma corto-perfurante, evidenciado pelas diferenças entre os resultados deste estudo e aqueles que utilizaram apenas osso limpo. Com efeito, tem influência nos resultados e, consequentemente, nas conclusões deles extrapoladas. Por isso, sugere-se a manutenção dos tecidos moles em investigações futuras sobre esta temática, de modo a simular de forma mais fidedigna uma situação real.

Na análise elementar das marcas incisais identificaram-se, pela primeira vez, resíduos metálicos de ferro e cromo em osso queimado, em quantidade reduzida e com uma distribuição irregular. Já no grupo dos ossos frescos, a análise elementar revelou-se inconclusiva na identificação de resíduos metálicos do objeto agressor, por estes terem sido, possivelmente, destruídos durante a maceração das amostras.

A principal limitação deste trabalho prendeu-se com o número reduzido de amostras, nomeadamente na análise elementar para o grupo dos ossos queimados. O processo de preparação e montagem das amostras no suporte do microscópio revelou-se destrutivo, uma vez ter sido necessário proceder ao corte das costelas para se ajustarem ao suporte.

Tratando-se do primeiro trabalho que utiliza a abordagem quantitativa na análise de marcas incisais produzidas por objetos agressores semelhantes, demonstrou-se que esta discriminação não é possível, pelo menos a partir das variáveis avaliadas. Já a análise elementar das marcas incisais em osso queimado revelou-se promissora na identificação do objeto agressor, ao ser possível detetar e identificar, pela primeira vez, resíduos metálicos de ferro e cromo transferidos das facas para as costelas. Assim, com este trabalho demonstrou-se o potencial da SEM-EDS na análise de marcas incisais em contexto forense, nomeadamente, em cadáveres carbonizados. Porém, investigação adicional deverá ser realizada de forma a corroborar os resultados obtidos neste trabalho, bem como estender a pesquisa a outras classes de objetos agressores.

Em futuras investigações recomenda-se que as amostras conservem os tecidos moles e a pele, uma vez que alteram as dinâmicas envolvidas no impacto entre o osso e o objeto agressor, influenciando os resultados. Relativamente à maceração, outras técnicas para a remoção de tecidos moles devem ser testadas para evitar a eliminação dos resíduos metálicos do objeto agressor. Ademais, aconselha-se o uso do estereomicroscópio na análise morfológica e quantitativa das lesões incisais, previamente à análise elementar, minimizando o número de amostras potencialmente destruídas. A utilização de outros métodos não destrutivos, como é exemplo a μ CT, também deve ser equacionada. No que diz respeito à análise de marcas incisais produzidas por objetos morfológicamente semelhantes, devem adotar-se novas abordagens e o estudo de outras variáveis que possam, eventualmente, permitir a sua discriminação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Absolonová, K., Dobisíková, M., Beran, M., Zocová, J., & Velemínský, P. (2012). The temperature of cremation and its effect on the microstructure of the human rib compact bone. *Anthropologischer Anzeiger*, 439–460. <https://doi.org/10.1127/0003-5548/2012/0213>
- Aerssens, J., Boonen, S., Lowet, G., & Dequeker, J. (1998). Interspecies Differences in Bone Composition, Density, and Quality: Potential Implications for in Vivo Bone Research*. *Endocrinology*, 139(2), 663–670. <https://doi.org/10.1210/endo.139.2.5751>
- Alunni, V., Nogueira, L., & Quatrehomme, G. (2018). Macroscopic and stereomicroscopic comparison of hacking trauma of bones before and after carbonization. *International Journal of Legal Medicine*, 132(2), 643–648. <https://doi.org/10.1007/s00414-017-1649-8>
- Alunni-Perret, V., Borg, C., Laugier, J.-P., Bertrand, M.-F., Staccini, P., Bolla, M., Quatrehomme, G., & Muller-Bolla, M. (2010). Scanning electron microscopy analysis of experimental bone hacking trauma of the mandible. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 31(4), 326–329. <https://doi.org/10.1097/PAF.0b013e3181e2ed0b>
- Amadasi, A., Brandone, A., Rizzi, A., Mazzarelli, D., & Cattaneo, C. (2012). The survival of metallic residues from gunshot wounds in cremated bone: A SEM–EDX study. *International Journal of Legal Medicine*, 126(4), 525–531. <https://doi.org/10.1007/s00414-011-0661-7>
- Ambade, V. N., & Godbole, H. V. (2006). Comparison of wound patterns in homicide by sharp and blunt force. *Forensic Science International*, 156(2–3), 166–170. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.12.027>
- Ankersen, J. (1999). *Quantifying the forces in stabbing incidents* [PhD, University of Glasgow]. <https://eleanor.lib.gla.ac.uk/record=b1802783>
- Ankersen, J., Birkbeck, A. E., Thomson, R. D., & Vanezis, P. (1999). Puncture resistance and tensile strength of skin simulants. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 213(6), 493–501. <https://doi.org/10.1243/0954411991535103>

- Assad, M., & Jackson, N. (2018). *Biocompatibility Evaluation of Orthopedic Biomaterials and Medical Devices: A Review of Safety and Efficacy Models*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.11104-3>
- Bai, R., Wan, L., Li, H., Zhang, Z., & Ma, Z. (2007). Identify the injury implements by SEM/EDX and ICP-AES. *Forensic Science International*, 166(1), 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.03.008>
- Banasr, A., de la Grandmaison, G. L., & Durigon, M. (2003). Frequency of bone/cartilage lesions in stab and incised wounds fatalities. *Forensic Science International*, 131(2–3), 131–133. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(02\)00429-2](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(02)00429-2)
- Bartelink, E., Wiersema, J., & Demaree, R. (2001). Quantitative Analysis of Sharp-Force Trauma: An Application of Scanning Electron Microscopy in Forensic Anthropology. *Journal of forensic sciences*, 46, 1288–1293. <https://doi.org/10.1520/JFS15148J>
- Black, S., & Ferguson, E. (2011). *Forensic Anthropology: 2000 to 2010*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10727>
- Blau, S. (2016). How traumatic: A review of the role of the forensic anthropologist in the examination and interpretation of skeletal trauma. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 49(3), 261–280. <https://doi.org/10.1080/00450618.2016.1153715>
- Bradtmiller, B., & Buikstra, J. E. (1984). Effects of burning on human bone microstructure: A preliminary study. *Journal of Forensic Sciences*, 29(2), 535–540.
- Burd, D. Q., & Gilmore, A. E. (1968). Individual and class characteristics of tools. *Journal of Forensic Sciences*, 13(3), 390–396.
- Burd, D. Q., & Kirk, P. L. (1942). Tool Marks. Factors Involved in Their Comparison and Use as Evidence. *Journal of Criminal Law and Criminology (1931-1951)*, 32(6), 679–686. <https://doi.org/10.2307/1136842>
- Büyük, Y., & Koçak, U. (2009). Fire-related fatalities in Istanbul, Turkey: Analysis of 320 forensic autopsy cases. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 16(8), 449–454. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2009.05.005>
- Byard, R., & Payne-James, J. (Eds.). (2016). *Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine* (2nd edition). Elsevier.
- Capuani, C., Telmon, N., Moscovici, J., Molinier, F., Aymeric, A., Delisle, M.-B., Rougé, D., & Guilbeau-Frugier, C. (2014). Modeling and determination of directionality of

- the kerf in epifluorescence sharp bone trauma analysis. *International Journal of Legal Medicine*, 128(6), 1059–1066. <https://doi.org/10.1007/s00414-014-1022-0>
- Cassidy, M. T., & Curtis, M. (2005). Victims of Penetrating and Incised Wounds. Em M. D. Gilchrist (Ed.), *IUTAM Symposium on Impact Biomechanics: From Fundamental Insights to Applications* (pp. 405–414). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-3796-1_42
- Castro, W., Hoogewerff, J., Latkoczy, C., & Almirall, J. R. (2010). Application of laser ablation (LA-ICP-SF-MS) for the elemental analysis of bone and teeth samples for discrimination purposes. *Forensic Science International*, 195(1–3), 17–27. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.10.029>
- Cattaneo, C., DiMartino, S., Scali, S., Craig, O. E., Grandi, M., & Sokol, R. J. (1999). Determining the human origin of fragments of burnt bone: A comparative study of histological, immunological and DNA techniques. *Forensic Science International*, 102(2–3), 181–191. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(99\)00059-6](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(99)00059-6)
- Chadwick, E. K. J., Nicol, A. C., Lane, J. V., & Gray, T. G. F. (1999). Biomechanics of knife stab attacks. *Forensic Science International*, 105(1), 35–44. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(99\)00117-6](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(99)00117-6)
- Correia, P. (1997). Fire modification of bone: A review of the literature. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*, 275–293.
- Croft, A. M., & Ferlini, R. (2007). Macroscopic Characteristics of Screwdriver Trauma. *Journal of Forensic Sciences*, 52(6), 1243–1251. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2007.00552.x>
- Crowder, C., Rainwater, C., & Fridie, J. (2013). Microscopic Analysis of Sharp Force Trauma in Bone and Cartilage: A Validation Study(,) (.). *Journal of forensic sciences*, 58. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12180>
- Cunha, E., & Pinheiro, J. (2006). A linguagem das fracturas: A perspectiva da Antropologia Forense. *Antrop Port*, 22–23.
- de Gruchy, S., & Rogers, T. L. (2002). Identifying chop marks on cremated bone: A preliminary study. *Journal of Forensic Sciences*, 47(5), 933–936.
- Di Maio, V. J. M. (1999). *Gunshot wounds: Practical aspects of firearms, ballistics, and forensic techniques*. Boca Raton : CRC Press.

http://archive.org/details/Gunshot_Wounds_Practical_Aspects_Of_Firearms_Ballistics_Forensic_Techniques

- Eckert, W. G., James, S., & Katchis, S. (1988). Investigation of Cremations and Severely Burned Bodies. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 9(3), 188–200.
- Ellingham, S. T. D., Thompson, T. J. U., & Islam, M. (2018). Scanning Electron Microscopy–Energy-Dispersive X-Ray (SEM/EDX): A Rapid Diagnostic Tool to Aid the Identification of Burnt Bone and Contested Cremains. *Journal of Forensic Sciences*, 63(2), 504–510. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13541>
- Fanton, L., Jdeed, K., Tilhet-Coartet, S., & Malicier, D. (2006). Criminal burning. *Forensic Science International*, 158(2), 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2005.04.040>
- Ferlini, R. (2012). Macroscopic and Microscopic Analysis of Knife Stab Wounds on Fleshed and Clothed Ribs. *Journal of forensic sciences*, 57, 683–690. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2012.02087.x>
- Gibelli, D., Mazzarelli, D., Porta, D., Rizzi, A., & Cattaneo, C. (2012). Detection of metal residues on bone using SEM-EDS—Part II: Sharp force injury. *Forensic Science International*, 223(1), 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.08.008>
- Gilchrist, M. D., Keenan, S., Curtis, M., Cassidy, M., Byrne, G., & Destrade, M. (2008). Measuring knife stab penetration into skin simulant using a novel biaxial tension device. *Forensic Science International*, 177(1), 52–65. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2007.10.010>
- Glassman, D. M., & Crow, R. M. (1996). Standardization model for describing the extent of burn injury to human remains. *Journal of Forensic Sciences*, 41(1), 152–154.
- Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Michael, J. R., Ritchie, N. W. M., Scott, J. H. J., & Joy, D. C. (2017). *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*. Springer.
- Goldstein, J., Newbury, D. E., Joy, D. C., Lyman, C. E., Echlin, P., Lifshin, E., Sawyer, L., & Michael, J. R. (2003). *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis: Third Edition* (3.^a ed.). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0215-9>
- Gonçalves, D. (2012). The micro-analysis of human burned bones: Some remarks. *Cadernos do GEEvH*, 1, 32–40.

- Grupe, G., & Hummel, S. (1991). Trace element studies on experimentally cremated bone. I. Alteration of the chemical composition at high temperatures. *Journal of Archaeological Science*, 18(2), 177–186. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(91\)90046-R](https://doi.org/10.1016/0305-4403(91)90046-R)
- Haglund, W. D., & Sorg, M. H. (2001). *Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspectives*. CRC Press.
- Hanson, M., & Cain, C. (2007). Examining histology to identify burned bone. *Journal of Archaeological Science*, 34, 1902–1913. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.01.009>
- Harbeck, M., Schleuder, R., Schneider, J., Wiechmann, I., Schmahl, W., & Grupe, G. (2011). Research potential and limitations of trace analyses of cremated remains. *Forensic science international*, 204, 191–200. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.06.004>
- Hart, G. (2015). Man's best friend: A case study of ballistics trauma and animal scavenging. In *Skeletal trauma analysis* (pp. 108–117). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118384213.ch8>
- Herrmann, N. P., & Bennett, J. L. (1999). The differentiation of traumatic and heat-related fractures in burned bone. *Journal of Forensic Sciences*, 44(3), 461–469.
- Holden, J. L., Phakey, P. P., & Clement, J. G. (1995). Scanning electron microscope observations of heat-treated human bone. *Forensic Science International*, 74(1), 29–45. [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(95\)01735-2](https://doi.org/10.1016/0379-0738(95)01735-2)
- Horsfall, I., Prosser, P. D., Watson, C. H., & Champion, S. M. (1999). An assessment of human performance in stabbing. *Forensic Science International*, 102(2), 79–89. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(99\)00055-9](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(99)00055-9)
- Horsfall, I., Watson, C., Champion, S., Prosser, P., & Ringrose, T. (2005). The effect of knife handle shape on stabbing performance. *Applied Ergonomics*, 36(4), 505–511. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2004.12.001>
- Hunt, A. C., & Cowling, R. J. (1991). Murder by stabbing. *Forensic Science International*, 52(1), 107–112. [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(91\)90102-o](https://doi.org/10.1016/0379-0738(91)90102-o)
- Komo, L., & Grassberger, M. (2018). Experimental sharp force injuries to ribs: Multimodal morphological and geometric morphometric analyses using micro-CT, macro photography and SEM. *Forensic Science International*, 288, 189–200. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.04.048>

- Kooi, R. J., & Fairgrieve, S. I. (2013). SEM and stereomicroscopic analysis of cut marks in fresh and burned bone. *Journal of Forensic Sciences*, 58(2), 452–458. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12050>
- Kroman, A. M., & Symes, S. A. (2013). Chapter 8—Investigation of Skeletal Trauma. Em E. A. DiGangi & M. K. Moore (Eds.), *Research Methods in Human Skeletal Biology* (pp. 219–239). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385189-5.00008-X>
- Lynch, V. A., & Duval, J. B. (2011). *Forensic Nursing Science*. Elsevier Health Sciences.
- Macoveciuc, I., Márquez-Grant, N., Horsfall, I., & Zioupos, P. (2017). Sharp and blunt force trauma concealment by thermal alteration in homicides: An in-vitro experiment for methodology and protocol development in forensic anthropological analysis of burnt bones. *Forensic Science International*, 275, 260–271. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.03.014>
- Marciniak, S.-M. (2009). A preliminary assessment of the identification of saw marks on burned bone. *Journal of Forensic Sciences*, 54(4), 779–785. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2009.01044.x>
- Marques, M. P. M., Mamede, A. P., Vassalo, A. R., Makhoul, C., Cunha, E., Gonçalves, D., Parker, S. F., & Batista de Carvalho, L. A. E. (2018). Heat-induced Bone Diagenesis Probed by Vibrational Spectroscopy. *Scientific Reports*, 8(1), 15935. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34376-w>
- Moraitis, K., Eliopoulos, C., & Spiliopoulou, C. (2009). Fracture characteristics of perimortem trauma in skeletal material. *Internet Journal of Biological Anthropology*, 3.
- Munro, L. E., Longstaffe, F. J., & White, C. D. (2007). Burning and boiling of modern deer bone: Effects on crystallinity and oxygen isotope composition of bioapatite phosphate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 249(1), 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.01.011>
- Newbury, D. E., & Ritchie, N. W. M. (2013). Is scanning electron microscopy/energy dispersive X-ray spectrometry (SEM/EDS) quantitative? *Scanning*, 35(3), 141–168. <https://doi.org/10.1002/sca.21041>
- Nogueira, L., Quatrehomme, G., Bertrand, M.-F., Rallon, C., Ceinos, R., du Jardin, P., Adalian, P., & Alunni, V. (2017). Comparison of macroscopic and microscopic

- (stereomicroscopy and scanning electron microscopy) features of bone lesions due to hatchet hacking trauma. *International Journal of Legal Medicine*, 131(2), 465–472. <https://doi.org/10.1007/s00414-016-1522-1>
- Norman, D. G., Watson, D. G., Burnett, B., Fenne, P. M., & Williams, M. A. (2018). The cutting edge—Micro-CT for quantitative toolmark analysis of sharp force trauma to bone. *Forensic Science International*, 283, 156–172. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.12.039>
- O'Callaghan, P. T., Jones, M. D., James, D. S., Leadbeatter, S., Holt, C. A., & Nokes, L. D. (1999). Dynamics of stab wounds: Force required for penetration of various cadaveric human tissues. *Forensic Science International*, 104(2–3), 173–178. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(99\)00115-2](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(99)00115-2)
- Ormstad, K., Karlsson, T., Enkler, L., Law, B., & Rajs, J. (1986). Patterns in sharp force fatalities—A comprehensive forensic medical study. *Journal of Forensic Sciences*, 31(2), 529–542.
- Palazzo, E., Amadasi, A., Boracchi, M., Gentile, G., Maciocco, F., Marchesi, M., & Zoja, R. (2018). The detection of metallic residues in skin stab wounds by means of SEM-EDS: A pilot study. *Science & Justice*, 58(3), 232–236. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2017.12.007>
- Passalacqua, N. V., & Rainwater, C. W. (2015). Introduction. In *Skeletal trauma analysis* (pp. 1–6). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118384213.ch1>
- Payne-James, J. (2016). Injury, Fatal and Nonfatal: Sharp and Cutting-Edge Wounds. *Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800034-2.00223-8>
- Pope, E. J., & Smith, O. C. (2004). Identification of traumatic injury in burned cranial bone: An experimental approach. *Journal of Forensic Sciences*, 49(3), 431–440.
- Poppa, P., Porta, D., Gibelli, D., Mazzucchi, A., Brandone, A., Grandi, M., & Cattaneo, C. (2011). Detection of blunt, sharp force and gunshot lesions on burnt remains: A cautionary note. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 32(3), 275–279. <https://doi.org/10.1097/PAF.0b013e3182198761>

- Pounder, D. J., Cormack, L., Broadbent, E., & Millar, J. (2011). Class characteristics of serrated knife stabs to cartilage. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 32(2), 157–160. <https://doi.org/10.1097/PAF.0b013e3181db7ee4>
- Prat, N., Rongieras, F., de Freminville, H., Magnan, P., Debord, E., Fusai, T., Destombe, C., Sarron, J.-C., & Voiglio, E. J. (2012). Comparison of thoracic wall behavior in large animals and human cadavers submitted to an identical ballistic blunt thoracic trauma. *Forensic Science International*, 222(1), 179–185. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.05.022>
- Robbins, S., Fairgrieve, S., & Oost, T. (2014). Interpreting the Effects of Burning on Pre-incineration Saw Marks in Bone. *Journal of Forensic Sciences*, 60. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12580>
- Samuels, L. E. (1999). *Light Microscopy of Carbon Steels*. ASM International.
- Sauer, N. (1998). The timing of injuries and manner of death: Distinguishing among antemortem, perimortem and postmortem trauma. Em *Forensic osteology: Advances in the identification of human remains*. (Reichs, K., pp. 321–332).
- Saukko, P., & Knight, B. (2004). *Knight's Forensic Pathology* (3.^a ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b13266>
- Sawasdee, K., Tiensuwan, M., Siripinyanond, A., Chirachariyavej, T., & Smith, S. M. (2012). Elemental analysis of burnt human bone for classifying sex and age at death by logistic regression. *Analytical Methods*, 4(6), 1769–1775. <https://doi.org/10.1039/C2AY05763H>
- Schneickert, H. (1939). *Das Verschwindenlassen der Leiche beim Mord*. 104, 117-121.
- Shaw, K.-P., Chung, J.-H., Chung, F.-C., Tseng, B.-Y., Pan, C.-H., Yang, K.-T., & Yang, C.-P. (2011). A method for studying knife tool marks on bone. *Journal of Forensic Sciences*, 56(4), 967–971. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2011.01741.x>
- Shergold, O. A., Fleck, N. A., & Radford, D. (2006). The uniaxial stress versus strain response of pig skin and silicone rubber at low and high strain rates. *International Journal of Impact Engineering*, 32(9), 1384–1402. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2004.11.010>
- Shipman, P., Foster, G., & Schoeninger, M. (1984). Burnt bones and teeth: An experimental study of color, morphology, crystal structure and shrinkage. *Journal of*

Archaeological Science, 11(4), 307–325. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(84\)90013-X](https://doi.org/10.1016/0305-4403(84)90013-X)

Smith, O. C., Pope, E. J., & Symes, S. A. (2015). Look Until You See: Identification of Trauma in Skeletal Material. Em *Hard Evidence: Case Studies in Forensic Anthropology* (Dawnie Wolfe Steadman, Vol. 2, pp. 190–204). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315664057-24>

Spatola, B. F. (2015). Atypical gunshot and blunt force injuries: Wounds along the biomechanical continuum. Em *Skeletal trauma analysis* (pp. 7–26). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118384213.ch2>

Steadman, D. W. (2015). *Hard Evidence: Case Studies in Forensic Anthropology*. Routledge.

Stiner, M. C., Kuhn, S. L., Weiner, S., & Bar-Yosef, O. (1995). Differential Burning, Recrystallization, and Fragmentation of Archaeological Bone. *Journal of Archaeological Science*, 22(2), 223–237. <https://doi.org/10.1006/jasc.1995.0024>

Symes, S. A., L'Abbé, E. N., Chapman, E. N., Wolff, I., & Dirkmaat, D. C. (2012). Interpreting Traumatic Injury to Bone in Medicolegal Investigations. Em *A Companion to Forensic Anthropology* (pp. 340–389). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118255377.ch17>

Symes, S., Dirkmaat, D., Ousley, S., Chapman, E., & Cabo, L. (2012). *Recovery and Interpretation of Burned Human Remains*.

Thali, M. J., Taubenreuther, U., Karolczak, M., Braun, M., Brueschweiler, W., Kalender, W. A., & Dirnhofer, R. (2003). Forensic microradiology: Micro-computed tomography (Micro-CT) and analysis of patterned injuries inside of bone. *Journal of Forensic Sciences*, 48(6), 1336–1342.

Thompson, T. J. U. (2004). Recent advances in the study of burned bone and their implications for forensic anthropology. *Forensic Science International*, 146 Suppl, S203-205. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.09.063>

Thompson, T. J. U. (2005). Heat-induced dimensional changes in bone and their consequences for forensic anthropology. *Journal of Forensic Sciences*, 50(5), 1008–1015.

Thompson, T. J. U., Gonçalves, D., Squires, K., & Ulguim, P. (2017). Thermal Alteration to the Body. Em *Taphonomy of Human Remains: Forensic Analysis of the Dead and*

the Depositional Environment (pp. 318–334). John Wiley & Sons, Ltd.
<https://doi.org/10.1002/9781118953358.ch21>

Thompson, T. J. U., & Inglis, J. (2009). Differentiation of serrated and non-serrated blades from stab marks in bone. *International Journal of Legal Medicine*, 123(2), 129–135. <https://doi.org/10.1007/s00414-008-0275-x>

Timmermans, F. J., & Otto, C. (2015). Contributed review: Review of integrated correlative light and electron microscopy. *The Review of Scientific Instruments*, 86(1), 011501. <https://doi.org/10.1063/1.4905434>

Tylecote, R. F. (1962). *Metallurgy in archaeology*. 368–368.

Van Vark, G. N. (1970). *Some statistical procedures for the investigation of prehistoric human skeletal material*. V. R. B. Offsetdrukkerij.

Vermeij, E. J., Zoon, P. D., Chang, S. B. C. G., Keereweert, I., Pieterman, R., & Gerretsen, R. R. R. (2012). Analysis of microtraces in invasive traumas using SEM/EDS. *Forensic Science International*, 214(1), 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.07.025>

Walden, S. J., Mulville, J., Rowlands, J. P., & Evans, S. L. (2018). An Analysis of Systematic Elemental Changes in Decomposing Bone. *Journal of Forensic Sciences*, 63(1), 207–213. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13480>

Waltenberger, L., & Schutkowski, H. (2017). Effects of heat on cut mark characteristics. *Forensic Science International*, 271, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.12.018>

Weisel, J. W., & Litvinov, R. I. (2019). Red blood cells: The forgotten player in hemostasis and thrombosis. *Journal of Thrombosis and Haemostasis: JTH*, 17(2), 271–282. <https://doi.org/10.1111/jth.14360>

Ye, N., Jian, F., & Lai, W. (2013). Effect of voxel size and partial volume effect on accuracy of tooth volumetric measurements with cone beam CT. *Dentomaxillofacial Radiology*, 42(5). <https://doi.org/10.1259/dmfr.20130070>

Zimmerman, H. A., Meizel-Lambert, C. J., Schultz, J. J., & Sigman, M. E. (2015). Chemical Differentiation of Osseous, Dental, and Non-skeletal Materials in Forensic Anthropology using Elemental Analysis. *Science & Justice*, 55(2), 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2014.11.003>

REFERÊNCIAS JORNALÍSTICAS:

<https://www.dn.pt/portugal/cronologia-crimes-com-tres-ou-mais-mortos-nos-ultimos-12-anos-em-portugal-5747140.html>.

<https://www.cmjornal.pt/portugal/detalhe/assassinado-e-queimado>

<https://portocanal.sapo.pt/noticia/17651>

<https://tvi24.iol.pt/sociedade/homicidio/filha-e-genro-da-professora-assassinada-no-montijo-comecam-hoje-a-ser-julgados>

<https://www.cmjornal.pt/portugal/detalhe/fogo-para-ocultar-homicidio>

<https://www.cmjornal.pt/portugal/detalhe/corpo-de-homem-encontrado-esfaqueado-e-queimado-em-vila-nova-de-gaia>

<https://www.publico.pt/2003/04/24/jornal/casal-de-alemaes-morto-em-ritual-satanico-perto-de-odemira-200510>

<https://www.jn.pt/justica/casal-mata-jovem-de-14-anos-para-ocultar-os-proprios-crimes-5268637.html>

<https://www.cmjornal.pt/portugal/detalhe/homem-ateia-fogo-a-mulher-que-violou-ha-cerca-de-20-anos-gnr-encontrou-vitima-embrulhada-em-cobertor>

ANEXOS

A1 – Estatística descritiva por tipo de faca.

Descritivos					
	Tipo de faca		Estatística	Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
TF - Comprimento	Grande	Média	2,6840	,20147	7,506
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	2,2282	
			Limite superior	3,1398	
		5% da média aparada	2,6744		
		Mediana	2,7600		
		Variância	,406		
		Erro Padrão	,63710		
		Mínimo	1,70		
		Máximo	3,84		
		Amplitude	2,14		
		Amplitude interquartil	,98		
		Assimetria	,159	,687	
		Curtose	-,038	1,334	
	Pequena	Média	2,7140	,45160	16,640
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	1,6924	
			Limite superior	3,7356	
		5% da média aparada	2,6633		
		Mediana	2,7300		
		Variância	2,039		
		Erro Padrão	1,42809		
		Mínimo	,92		
		Máximo	5,42		
		Amplitude	4,50		
		Amplitude interquartil	2,55		
		Assimetria	,559	,687	
		Curtose	-,246	1,334	
TF - Largura	Grande	Média	,2540	,02491	9,807
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,1977	

TF - Ângulo (Ab)			Limite superior	,3103		
		5% da média aparada		,2517		
		Mediana		,2300		
		Variância		,006		
		Erro Padrão		,07877		
		Mínimo		,16		
		Máximo		,39		
		Amplitude		,23		
		Amplitude interquartil		,14		
		Assimetria		,406	,687	
		Curtose		-1,055	1,334	
	Pequena	Média		,2590	,04923	19,008
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,1476		
			Limite superior	,3704		
		5% da média aparada		,2517		
		Mediana		,2300		
		Variância		,024		
		Erro Padrão		,15567		
		Mínimo		,07		
		Máximo		,58		
		Amplitude		,51		
		Amplitude interquartil		,24		
		Assimetria		,880	,687	
		Curtose		,514	1,334	
	Grande	Média		46,3030	10,10708	21,828
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	23,4392		
			Limite superior	69,1668		
		5% da média aparada		45,6589		
		Mediana		44,0300		
		Variância		1021,531		
		Erro Padrão		31,96140		
		Mínimo		6,52		
		Máximo		97,68		
		Amplitude		91,16		
		Amplitude interquartil		57,16		
		Assimetria		,207	,687	
		Curtose		-1,468	1,334	

	Pequena	Média		56,4480	6,60232	11,696
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	41,5125		
			Limite superior	71,3835		
		5% da média aparada		57,8928		
		Mediana		57,0000		
		Variância		435,906		
		Erro Padrão		20,87836		
		Mínimo		8,47		
		Máximo		78,42		
		Amplitude		69,95		
		Amplitude interquartil		22,40		
		Assimetria		-1,397	,687	
		Curtose		2,447	1,334	
TF - Ângulo (PD)	Grande	Média		116,2070	5,41512	4,660
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	103,9571		
			Limite superior	128,4569		
		5% da média aparada		116,3256		
		Mediana		118,6150		
		Variância		293,235		
		Erro Padrão		17,12412		
		Mínimo		89,87		
		Máximo		140,41		
		Amplitude		50,54		
		Amplitude interquartil		29,19		
		Assimetria		-,083	,687	
		Curtose		-1,380	1,334	
	Pequena	Média		119,9360	4,11453	3,431
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	110,6283		
			Limite superior	129,2437		
		5% da média aparada		120,5283		
		Mediana		121,4500		
		Variância		169,293		
		Erro Padrão		13,01128		
		Mínimo		88,59		
		Máximo		140,62		
		Amplitude		52,03		

TF - Ângulo (PE)	Grande	Amplitude interquartil		8,05		
		Assimetria		-1,363	,687	
		Curtose		4,436	1,334	
		Média		105,4220	6,87427	6,521
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	89,8713		
			Limite superior	120,9727		
		5% da média aparada		105,9922		
		Mediana		102,4450		
		Variância		472,556		
		Erro Padrão		21,73835		
		Mínimo		64,14		
		Máximo		136,44		
		Amplitude		72,30		
		Amplitude interquartil		34,51		
		Assimetria		-,323	,687	
		Curtose		,041	1,334	
	Pequena	Média		115,5720	5,06261	4,380
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	104,1196		
			Limite superior	127,0244		
		5% da média aparada		116,1022		
		Mediana		115,8400		
		Variância		256,300		
		Erro Padrão		16,00936		
		Mínimo		88,39		
		Máximo		133,21		
		Amplitude		44,82		
		Amplitude interquartil		29,93		
		Assimetria		-,346	,687	
		Curtose		-1,308	1,334	
TF - Profundidade	Grande	Média		,4560	,04113	9,020
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,3630		
			Limite superior	,5490		
		5% da média aparada		,4550		
		Mediana		,4600		
		Variância		,017		
		Erro Padrão		,13006		

TQ Comprimento	-	Pequena	Mínimo		,23		
			Máximo		,70		
			Amplitude		,47		
			Amplitude interquartil		,15		
			Assimetria		,091	,687	
			Curtose		,850	1,334	
			Média		,4470	,07520	16,823
			95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,2769		
				Limite superior	,6171		
			5% da média aparada		,4372		
			Mediana		,3800		
			Variância		,057		
			Erro Padrão		,23782		
			Mínimo		,17		
			Máximo		,90		
			Amplitude		,73		
			Amplitude interquartil		,41		
			Assimetria		,834	,687	
			Curtose		-,236	1,334	
		Grande	Média		2,9380	,16651	5,667
			95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	2,5613		
				Limite superior	3,3147		
			5% da média aparada		2,9256		
			Mediana		2,8750		
			Variância		,277		
			Erro Padrão		,52654		
			Mínimo		2,27		
			Máximo		3,83		
			Amplitude		1,56		
			Amplitude interquartil		,91		
			Assimetria		,254	,687	
			Curtose		-1,112	1,334	
		Pequena	Média		2,5840	,27668	10,707
			95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	1,9581		
				Limite superior	3,2099		
			5% da média aparada		2,5506		

		Mediana		2,1700		
		Variância		,766		
		Erro Padrão		,87495		
		Mínimo		1,76		
		Máximo		4,01		
		Amplitude		2,25		
		Amplitude interquartil		1,66		
		Assimetria		,875	,687	
		Curtose		-1,008	1,334	
TQ - Largura	Grande	Média		,3880	,06037	15,559
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,2514		
			Limite superior	,5246		
		5% da média aparada		,3689		
		Mediana		,3600		
		Variância		,036		
		Erro Padrão		,19089		
		Mínimo		,24		
		Máximo		,88		
		Amplitude		,64		
		Amplitude interquartil		,18		
		Assimetria		2,175	,687	
		Curtose		5,545	1,334	
	Pequena	Média		,2250	,04605	20,467
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,1208		
			Limite superior	,3292		
		5% da média aparada		,2133		
		Mediana		,2000		
		Variância		,021		
		Erro Padrão		,14562		
		Mínimo		,06		
		Máximo		,60		
		Amplitude		,54		
		Amplitude interquartil		,10		
		Assimetria		2,123	,687	
		Curtose		5,674	1,334	
TQ - Ângulo (Ab)	Grande	Média		37,0790	5,81881	15,693
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	23,9159		

TQ - Ângulo (PD)			Limite superior	50,2421		
		5% da média aparada		36,8861		
		Mediana		31,9150		
		Variância		338,585		
		Erro Padrão		18,40068		
		Mínimo		14,86		
		Máximo		62,77		
		Amplitude		47,91		
		Amplitude interquartil		36,16		
		Assimetria		,270	,687	
		Curtose		-1,912	1,334	
	Pequena	Média		37,0050	5,15495	13,930
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	25,3437		
			Limite superior	48,6663		
		5% da média aparada		36,2394		
		Mediana		33,7450		
		Variância		265,735		
		Erro Padrão		16,30138		
		Mínimo		18,15		
		Máximo		69,64		
		Amplitude		51,49		
		Amplitude interquartil		25,65		
		Assimetria		,810	,687	
		Curtose		,089	1,334	
	Grande	Média		114,1960	5,06357	4,434
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	102,7414		
			Limite superior	125,6506		
		5% da média aparada		114,6428		
		Mediana		116,9850		
		Variância		256,397		
		Erro Padrão		16,01241		
		Mínimo		85,84		
		Máximo		134,51		
		Amplitude		48,67		
		Amplitude interquartil		25,34		
		Assimetria		-,533	,687	
		Curtose		-,839	1,334	

	Pequena	Média		100,3910	2,86456	2,853
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	93,9109		
			Limite superior	106,8711		
		5% da média aparada		100,0194		
		Mediana		97,3750		
		Variância		82,057		
		Erro Padrão		9,05852		
		Mínimo		89,13		
		Máximo		118,34		
		Amplitude		29,21		
		Amplitude interquartil		13,67		
		Assimetria		,997	,687	
		Curtose		,255	1,334	
TQ - Ângulo (PE)	Grande	Média		99,9060	4,70818	4,712
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	89,2554		
			Limite superior	110,5566		
		5% da média aparada		98,9317		
		Mediana		96,7850		
		Variância		221,669		
		Erro Padrão		14,88856		
		Mínimo		84,61		
		Máximo		132,74		
		Amplitude		48,13		
		Amplitude interquartil		22,87		
		Assimetria		1,247	,687	
		Curtose		1,520	1,334	
	Pequena	Média		113,2820	2,44988	2,162
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	107,7400		
			Limite superior	118,8240		
		5% da média aparada		113,5139		
		Mediana		114,1550		
		Variância		60,019		
		Erro Padrão		7,74719		
		Mínimo		100,46		
		Máximo		121,93		
		Amplitude		21,47		

TQ - Profundidade		Amplitude interquartil		16,39		
		Assimetria		-,455	,687	
		Curtose		-1,200	1,334	
	Grande	Média		,6350	,10671	16,805
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,3936		
			Limite superior	,8764		
		5% da média aparada		,6267		
		Mediana		,5450		
		Variância		,114		
		Erro Padrão		,33745		
		Mínimo		,28		
		Máximo		1,14		
		Amplitude		,86		
		Amplitude interquartil		,72		
		Assimetria		,539	,687	
		Curtose		-1,464	1,334	
	Pequena	Média		,4510	,06118	13,565
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,3126		
			Limite superior	,5894		
		5% da média aparada		,4494		
		Mediana		,4000		
		Variância		,037		
		Erro Padrão		,19347		
		Mínimo		,12		
		Máximo		,81		
		Amplitude		,69		
		Amplitude interquartil		,27		
		Assimetria		,378	,687	
		Curtose		,520	1,334	

A2 – Testes de Normalidade por tipo de faca.

Testes de Normalidade							
	Tipo de faca	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
TF - Comprimento	Grande	,166	10	,200*	,957	10	,750
	Pequena	,148	10	,200*	,950	10	,672
TF - Largura	Grande	,220	10	,188	,921	10	,367
	Pequena	,138	10	,200*	,937	10	,516
TF - Ângulo (Ab)	Grande	,190	10	,200*	,922	10	,376
	Pequena	,249	10	,079	,870	10	,100
TF - Ângulo (PD)	Grande	,178	10	,200*	,941	10	,566
	Pequena	,262	10	,050	,825	10	,029
TF - Ângulo (PE)	Grande	,125	10	,200*	,966	10	,849
	Pequena	,209	10	,200*	,902	10	,232
TF - Profundidade	Grande	,188	10	,200*	,959	10	,776
	Pequena	,228	10	,148	,913	10	,305
TQ - Comprimento	Grande	,177	10	,200*	,936	10	,512
	Pequena	,278	10	,028	,822	10	,027
TQ - Largura	Grande	,234	10	,129	,741	10	,003
	Pequena	,259	10	,056	,770	10	,006
TQ - Ângulo (Ab)	Grande	,254	10	,066	,871	10	,103
	Pequena	,178	10	,200*	,925	10	,400
TQ - Ângulo (PD)	Grande	,202	10	,200*	,937	10	,519
	Pequena	,247	10	,085	,905	10	,246
TQ - Ângulo (PE)	Grande	,191	10	,200*	,892	10	,180
	Pequena	,156	10	,200*	,908	10	,267
TQ - Profundidade	Grande	,188	10	,200*	,869	10	,097
	Pequena	,284	10	,022	,914	10	,307
*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.							
a. Correlação de Significância de Lilliefors							

A3 – Estatísticas de amostras emparelhadas para a faca grande.

Estatísticas de amostras emparelhadas ^a					
		Média	N	Erro Desvio	Erro padrão da média
Par 1	TF - Comprimento	2,6840	10	,63710	,20147
	TQ - Comprimento	2,9380	10	,52654	,16651
Par 2	TF - Largura	,2540	10	,07877	,02491
	TQ - Largura	,3880	10	,19089	,06037
Par 3	TF - Ângulo (Ab)	46,3030	10	31,96140	10,10708
	TQ - Ângulo (Ab)	37,0790	10	18,40068	5,81881
Par 4	TF - Ângulo (PD)	116,2070	10	17,12412	5,41512
	TQ - Ângulo (PD)	114,1960	10	16,01241	5,06357
Par 5	TF - Ângulo (PE)	105,4220	10	21,73835	6,87427
	TQ - Ângulo (PE)	99,9060	10	14,88856	4,70818
Par 6	TF - Profundidade	,4560	10	,13006	,04113
	TQ - Profundidade	,6350	10	,33745	,10671
a. Tipo de faca = Grande					

A4 – Teste de amostras emparelhadas para a faca grande.

Teste de amostras emparelhadas ^a									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Erro Desvio	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	TF - Comprimento - TQ - Comprimento	-,25400	,92594	,29281	-,91638	,40838	-,867	9	,408
Par 2	TF - Largura - TQ - Largura	-,13400	,18975	,06000	-,26974	,00174	-2,233	9	,052
Par 3	TF - Ângulo (Ab) - TQ - Ângulo (Ab)	9,22400	23,51565	7,43630	-7,59809	26,04609	1,240	9	,246
Par 4	TF - Ângulo (PD) - TQ - Ângulo (PD)	2,01100	12,44209	3,93453	-6,88953	10,91153	,511	9	,622
Par 5	TF - Ângulo (PE) - TQ - Ângulo (PE)	5,51600	23,23038	7,34609	-11,10202	22,13402	,751	9	,472
Par 6	TF - Profundidade - TQ - Profundidade	-,17900	,40004	,12650	-,46517	,10717	-1,415	9	,191
a. Tipo de faca = Grande									

A5 – Estatísticas de amostras emparelhadas para a faca pequena.

Estatísticas de amostras emparelhadas ^a					
	Média		N	Erro Desvio	Erro padrão da média
Par 1	TF - Comprimento	2,7140	10	1,42809	,45160
	TQ - Comprimento	2,5840	10	,87495	,27668
Par 2	TF - Largura	,2590	10	,15567	,04923
	TQ - Largura	,2250	10	,14562	,04605
Par 3	TF - Ângulo (Ab)	56,4480	10	20,87836	6,60232
	TQ - Ângulo (Ab)	37,0050	10	16,30138	5,15495
Par 4	TF - Ângulo (PD)	119,9360	10	13,01128	4,11453
	TQ - Ângulo (PD)	100,3910	10	9,05852	2,86456
Par 5	TF - Ângulo (PE)	115,5720	10	16,00936	5,06261
	TQ - Ângulo (PE)	113,2820	10	7,74719	2,44988
Par 6	TF - Profundidade	,4470	10	,23782	,07520
	TQ - Profundidade	,4510	10	,19347	,06118
a. Tipo de faca = Pequena					

A6 – Teste de amostras emparelhadas para a faca pequena.

Teste de amostras emparelhadas ^a									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Erro Desvio	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	TF - Comprimento - TQ - Comprimento	,13000	1,60628	,50795	-1,01906	1,27906	,256	9	,804
Par 2	TF - Largura - TQ - Largura	,03400	,21950	,06941	-,12302	,19102	,490	9	,636
Par 3	TF - Ângulo (Ab) - TQ - Ângulo (Ab)	19,44300	25,89167	8,18766	,92122	37,96478	2,375	9	,042
Par 4	TF - Ângulo (PD) - TQ - Ângulo (PD)	19,54500	19,18115	6,06561	5,82363	33,26637	3,222	9	,010
Par 5	TF - Ângulo (PE) - TQ - Ângulo (PE)	2,29000	13,92471	4,40338	-7,67113	12,25113	,520	9	,616
Par 6	TF - Profundidade - TQ - Profundidade	-,00400	,33137	,10479	-,24105	,23305	-,038	9	,970
a. Tipo de faca = Pequena									

A7 - Teste de Classificações Assinadas por Wilcoxon – Postos.

Postos ^a				
		N	Posto Médio	Soma de Classificações
TQ - Comprimento - TF - Comprimento	Classificações Negativas	5 ^b	4,80	24,00
	Classificações Positivas	5 ^c	6,20	31,00
	Empates	0 ^d		
	Total	10		
TQ - Largura - TF - Largura	Classificações Negativas	0 ^e	,00	,00
	Classificações Positivas	10 ^f	5,50	55,00
	Empates	0 ^g		
	Total	10		
TQ - Ângulo (Ab) - TF - Ângulo (Ab)	Classificações Negativas	6 ^h	6,17	37,00
	Classificações Positivas	4 ⁱ	4,50	18,00
	Empates	0 ^j		
	Total	10		
TQ - Ângulo (PD) - TF - Ângulo (PD)	Classificações Negativas	6 ^k	5,67	34,00
	Classificações Positivas	4 ^l	5,25	21,00
	Empates	0 ^m		
	Total	10		
TQ - Ângulo (PE) - TF - Ângulo (PE)	Classificações Negativas	8 ⁿ	4,75	38,00
	Classificações Positivas	2 ^o	8,50	17,00
	Empates	0 ^p		
	Total	10		
TQ - Profundidade - TF - Profundidade	Classificações Negativas	5 ^q	3,40	17,00
	Classificações Positivas	5 ^r	7,60	38,00
	Empates	0 ^s		
	Total	10		

a. Tipo de faca = Grande

b. TQ - Comprimento < TF - Comprimento

- c. TQ - Comprimento > TF - Comprimento
- d. TQ - Comprimento = TF - Comprimento
- e. TQ - Largura < TF - Largura
- f. TQ - Largura > TF - Largura
- g. TQ - Largura = TF - Largura
- h. TQ - Ângulo (Ab) < TF - Ângulo (Ab)
- i. TQ - Ângulo (Ab) > TF - Ângulo (Ab)
- j. TQ - Ângulo (Ab) = TF - Ângulo (Ab)
- k. TQ - Ângulo (PD) < TF - Ângulo (PD)
- l. TQ - Ângulo (PD) > TF - Ângulo (PD)
- m. TQ - Ângulo (PD) = TF - Ângulo (PD)
- n. TQ - Ângulo (PE) < TF - Ângulo (PE)
- o. TQ - Ângulo (PE) > TF - Ângulo (PE)
- p. TQ - Ângulo (PE) = TF - Ângulo (PE)
- q. TQ - Profundidade < TF - Profundidade
- r. TQ - Profundidade > TF - Profundidade
- s. TQ - Profundidade = TF - Profundidade

A8 - Teste de Classificações Assinadas por Wilcoxon - Estatísticas de teste.

Estatísticas de teste ^{a,b}						
	TQ - Comprimento - TF - Comprimento	TQ - Largura - TF - Largura	TQ - Ângulo (Ab) - TF - Ângulo (Ab)	TQ - Ângulo (PD) - TF - Ângulo (PD)	TQ - Ângulo (PE) - TF - Ângulo (PE)	TQ - Profundidade - TF - Profundidade
Z	-,357 ^c	-2,807 ^c	-,968 ^d	-,663 ^d	-1,070 ^d	-1,070 ^c
Significância Sig. (bilateral)	,721	,005	,333	,508	,285	,285

- a. Tipo de faca = Grande
- b. Teste de Classificações Assinadas por Wilcoxon
- c. Com base em postos negativos.
- d. Com base em postos positivos.

A9 - Teste de Classificações Assinadas por Wilcoxon – Postos.

Postos ^a					
		N	Posto Médio	Soma de Classificações	
TQ - Comprimento - TF - Comprimento	Classificações Negativas	6 ^b	5,33	32,00	
	Classificações Positivas	4 ^c	5,75	23,00	
	Empates	0 ^d			
	Total	10			
TQ - Largura - TF - Largura	Classificações Negativas	5 ^e	6,40	32,00	
	Classificações Positivas	5 ^f	4,60	23,00	
	Empates	0 ^g			
	Total	10			
TQ - Ângulo (Ab) - TF - Ângulo (Ab)	Classificações Negativas	8 ^h	5,75	46,00	
	Classificações Positivas	2 ⁱ	4,50	9,00	
	Empates	0 ^j			
	Total	10			
TQ - Ângulo (PD) - TF - Ângulo (PD)	Classificações Negativas	8 ^k	6,38	51,00	
	Classificações Positivas	2 ^l	2,00	4,00	
	Empates	0 ^m			
	Total	10			
TQ - Ângulo (PE) - TF - Ângulo (PE)	Classificações Negativas	6 ⁿ	6,00	36,00	
	Classificações Positivas	4 ^o	4,75	19,00	
	Empates	0 ^p			
	Total	10			
TQ - Profundidade - TF - Profundidade	Classificações Negativas	5 ^q	5,80	29,00	
	Classificações Positivas	5 ^r	5,20	26,00	
	Empates	0 ^s			
	Total	10			

a. Tipo de faca = Pequena

b. TQ - Comprimento < TF - Comprimento

- c. TQ - Comprimento > TF - Comprimento
- d. TQ - Comprimento = TF - Comprimento
- e. TQ - Largura < TF - Largura
- f. TQ - Largura > TF - Largura
- g. TQ - Largura = TF - Largura
- h. TQ - Ângulo (Ab) < TF - Ângulo (Ab)
- i. TQ - Ângulo (Ab) > TF - Ângulo (Ab)
- j. TQ - Ângulo (Ab) = TF - Ângulo (Ab)
- k. TQ - Ângulo (PD) < TF - Ângulo (PD)
- l. TQ - Ângulo (PD) > TF - Ângulo (PD)
- m. TQ - Ângulo (PD) = TF - Ângulo (PD)
- n. TQ - Ângulo (PE) < TF - Ângulo (PE)
- o. TQ - Ângulo (PE) > TF - Ângulo (PE)
- p. TQ - Ângulo (PE) = TF - Ângulo (PE)
- q. TQ - Profundidade < TF - Profundidade
- r. TQ - Profundidade > TF - Profundidade
- s. TQ - Profundidade = TF - Profundidade

A10 - Teste de Classificações Assinadas por Wilcoxon - Estatísticas de teste.

Estatísticas de teste ^{a,b} Estatísticas de teste, tabela, 1 níveis de cabeçalhos da coluna e 1 níveis de cabeçalhos de linha, tabela com 7 e colunas e 7 linhas						
	TQ - Comprimento - TF - Comprimento	TQ - Largura - TF - Largura	TQ - Ângulo (Ab) - TF - Ângulo (Ab)	TQ - Ângulo (PD) - TF - Ângulo (PD)	TQ - Ângulo (PE) - TF - Ângulo (PE)	TQ - Profundidade - TF - Profundidade
Z	-,459 ^c	-,459 ^c	-1,886 ^c	-2,395 ^c	-,866 ^c	-,153 ^c
Significância Sig. (bilateral)	,646	,646	,059	,017	,386	,878

a. Tipo de faca = Pequena

b. Teste de Classificações Assinadas por Wilcoxon

c. Com base em postos positivos.

A11 – Correlações para a faca grande.

Correlações ^a														
			TF - Comprimen to	TF - Largur a	TF - Ângul o (Ab)	TF - Ângul o (PD)	TF - Ângul o (PE)	TF - Profundida de	TQ - Comprimen to	TQ - Largur a	TQ - Ângul o (Ab)	TQ - Ângul o (PD)	TQ - Ângul o (PE)	TQ - Profundida de
rô de Spearm an	TF - Comprimen to	Coeficiente de Correlação	1,000	,402	,152	-,333	,370	,399	-,333	,061	-,006	-,527	,406	-,699*
		Sig. (2 extremidade s)	.	,249	,676	,347	,293	,254	,347	,867	,987	,117	,244	,024
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TF - Largura	Coeficiente de Correlação	,402	1,000	,238	,012	,177	,451	,396	,649*	-,396	-,573	,043	,101
		Sig. (2 extremidade s)	,249	.	,508	,973	,625	,191	,257	,042	,257	,083	,907	,781
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TF - Ângulo (Ab)	Coeficiente de Correlação	,152	,238	1,000	,721*	,842**	-,227	,248	,202	,564	,467	,430	,006
		Sig. (2 extremidade s)												
		N												

		Sig. (2 extremidades)	,676	,508	.	,019	,002	,528	,489	,576	,090	,174	,214	,987
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TF - Ângulo (PD)	Coeficiente de Correlação	-,333	,012	,721*	1,000	,345	-,264	,261	-,092	,442	,758*	,224	,353
		Sig. (2 extremidades)	,347	,973	,019	.	,328	,461	,467	,801	,200	,011	,533	,318
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TF - Ângulo (PE)	Coeficiente de Correlação	,370	,177	,842**	,345	1,000	,018	-,079	,104	,418	,273	,382	-,298
		Sig. (2 extremidades)	,293	,625	,002	,328	.	,960	,829	,775	,229	,446	,276	,403
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TF - Profundidade	Coeficiente de Correlação	,399	,451	-,227	-,264	,018	1,000	-,104	,006	-,460	-,485	,055	-,295
		Sig. (2 extremidades)	,254	,191	,528	,461	,960	.	,774	,986	,181	,156	,880	,407
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	TQ - Comprimento	Coeficiente de Correlação	-,333	,396	,248	,261	-,079	-,104	1,000	,532	,067	-,030	,030	,498
		Sig. (2 extremidades)	,347	,257	,489	,467	,829	,774	.	,113	,855	,934	,934	,143
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TQ - Largura	Coeficiente de Correlação	,061	,649*	,202	-,092	,104	,006	,532	1,000	-,049	-,502	,024	,417
		Sig. (2 extremidades)	,867	,042	,576	,801	,775	,986	,113	.	,893	,140	,947	,230
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TQ - Ângulo (Ab)	Coeficiente de Correlação	-,006	-,396	,564	,442	,418	-,460	,067	-,049	1,000	,600	,770**	-,103
		Sig. (2 extremidades)	,987	,257	,090	,200	,229	,181	,855	,893	.	,067	,009	,776
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TQ - Ângulo (PD)	Coeficiente de Correlação	-,527	-,573	,467	,758*	,273	-,485	-,030	-,502	,600	1,000	,200	,164
		Sig. (2 extremidades)	,117	,083	,174	,011	,446	,156	,934	,140	,067	.	,580	,650

	TQ - Ângulo (PE)	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		Coeficiente de Correlação	,406	,043	,430	,224	,382	,055	,030	,024	,770**	,200	1,000	-,401
		Sig. (2 extremidades)	,244	,907	,214	,533	,276	,880	,934	,947	,009	,580	.	,250
	TQ - Profundidade	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		Coeficiente de Correlação	-,699*	,101	,006	,353	-,298	-,295	,498	,417	-,103	,164	-,401	1,000
		Sig. (2 extremidades)	,024	,781	,987	,318	,403	,407	,143	,230	,776	,650	,250	.
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

**. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

a. Tipo de faca = Grande

A12 – Correlações para a faca pequena.

Correlações ^a														
			TF - Comprimen to	TF - Largur a	TF - Ângul o (Ab)	TF - Ângul o (PE) (PD)	TF - Ângul o (PE)	TF - Profundida de	TQ - Comprimen to	TQ - Largur a	TQ - Ângul o (Ab)	TQ - Ângul o (PD)	TQ - Ângul o (PE)	TQ - Profundida de
rô de Spearman	TF - Comprimen to	Coeficiente de Correlação	1,000	,236	-,212	-,624	-,079	,697*	-,152	-,129	,624	,648*	,152	-,485
		Sig. (2 extremidade s)	.	,511	,556	,054	,829	,025	,676	,722	,054	,043	,676	,156
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TF - Largura	Coeficiente de Correlação	,236	1,000	,212	,127	,212	,042	,055	-,049	,285	,042	,345	-,681*
		Sig. (2 extremidade s)	,511	.	,556	,726	,556	,907	,881	,893	,425	,907	,328	,030
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TF - Ângulo (Ab)	Coeficiente de Correlação	-,212	,212	1,000	,248	,903**	-,188	-,430	,203	,248	-,115	,273	,117
		Sig. (2 extremidade s)	,556	,556	.	,489	,000	,603	,214	,574	,489	,751	,446	,748

		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TF - Ângulo (PD)	Coeficiente de Correlação	-,624	,127	,248	1,000	-,030	-,382	,297	,597	-,673*	-,842**	-,503	,460
		Sig. (2 extremidades)	,054	,726	,489	.	,934	,276	,405	,068	,033	,002	,138	,181
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TF - Ângulo (PE)	Coeficiente de Correlação	-,079	,212	,903**	-,030	1,000	,042	-,685*	,012	,503	,091	,503	-,092
		Sig. (2 extremidades)	,829	,556	,000	,934	.	,907	,029	,973	,138	,803	,138	,800
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TF - Profundidade	Coeficiente de Correlação	,697*	,042	-,188	-,382	,042	1,000	-,212	,191	,430	,503	-,030	-,190
		Sig. (2 extremidades)	,025	,907	,603	,276	,907	.	,556	,598	,214	,138	,934	,599
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TQ - Comprimento	Coeficiente de Correlação	-,152	,055	-,430	,297	-,685*	-,212	1,000	,111	-,733*	-,273	-,624	,129

		Sig. (2 extremidades)	,676	,881	,214	,405	,029	,556	.	,761	,016	,446	,054	,723
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TQ - Largura	Coeficiente de Correlação	-,129	-,049	,203	,597	,012	,191	,111	1,000	-,289	-,191	-,603	,679*
		Sig. (2 extremidades)	,722	,893	,574	,068	,973	,598	,761	.	,418	,598	,065	,031
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TQ - Ângulo (Ab)	Coeficiente de Correlação	,624	,285	,248	-,673*	,503	,430	-,733*	-,289	1,000	,758*	,745*	-,509
		Sig. (2 extremidades)	,054	,425	,489	,033	,138	,214	,016	,418	.	,011	,013	,133
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TQ - Ângulo (PD)	Coeficiente de Correlação	,648*	,042	-,115	-,842**	,091	,503	-,273	-,191	,758*	1,000	,430	-,288
		Sig. (2 extremidades)	,043	,907	,751	,002	,803	,138	,446	,598	,011	.	,214	,419
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	TQ - Ângulo (PE)	Coeficiente de Correlação	,152	,345	,273	-,503	,503	-,030	-,624	-,603	,745*	,430	1,000	-,656*
		Sig. (2 extremidades)	,676	,328	,446	,138	,138	,934	,054	,065	,013	,214	.	,039
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	TQ - Profundidade	Coeficiente de Correlação	-,485	-,681*	,117	,460	-,092	-,190	,129	,679*	-,509	-,288	-,656*	1,000
		Sig. (2 extremidades)	,156	,030	,748	,181	,800	,599	,723	,031	,133	,419	,039	.
		N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

**. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

a. Tipo de faca = Pequena

A13 - Teste-T - Estatísticas de grupo.

Estatísticas de grupo					
	Tipo de faca	N	Média	Erro Desvio	Erro padrão da média
TF - Comprimento	Grande	10	2,6840	,63710	,20147
	Pequena	10	2,7140	1,42809	,45160
TF - Largura	Grande	10	,2540	,07877	,02491
	Pequena	10	,2590	,15567	,04923
TF - Ângulo (Ab)	Grande	10	46,3030	31,96140	10,10708
	Pequena	10	56,4480	20,87836	6,60232
TF - Ângulo (PE)	Grande	10	105,4220	21,73835	6,87427
	Pequena	10	115,5720	16,00936	5,06261
TF - Profundidade	Grande	10	,4560	,13006	,04113
	Pequena	10	,4470	,23782	,07520
TQ - Comprimento	Grande	10	2,9380	,52654	,16651
	Pequena	10	2,5840	,87495	,27668
TQ - Ângulo (Ab)	Grande	10	37,0790	18,40068	5,81881
	Pequena	10	37,0050	16,30138	5,15495
TQ - Ângulo (PD)	Grande	10	114,1960	16,01241	5,06357
	Pequena	10	100,3910	9,05852	2,86456
TQ - Ângulo (PE)	Grande	10	99,9060	14,88856	4,70818
	Pequena	10	113,2820	7,74719	2,44988
TQ - Profundidade	Grande	10	,6350	,33745	,10671
	Pequena	10	,4510	,19347	,06118

A14 - Teste-T - Teste de amostras independentes.

Teste de amostras independentes											
			Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
			Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
										Inferior	Superior
TF - Comprimento	Variâncias iguais assumidas	4,324	,052	-,061	18	,952	-,03000	,49450	-1,06891	1,00891	
	Variâncias iguais não assumidas			-,061	12,446	,953	-,03000	,49450	-1,10317	1,04317	
TF - Largura	Variâncias iguais assumidas	3,595	,074	-,091	18	,929	-,00500	,05517	-,12091	,11091	
	Variâncias iguais não assumidas			-,091	13,325	,929	-,00500	,05517	-,12389	,11389	
TF - Ângulo (Ab)	Variâncias iguais assumidas	5,300	,033	-,840	18	,412	-10,14500	12,07243	-35,50824	15,21824	
	Variâncias iguais não assumidas			-,840	15,498	,413	-10,14500	12,07243	-35,80499	15,51499	
TF - Ângulo (PE)	Variâncias iguais assumidas	,403	,534	-1,189	18	,250	-10,15000	8,53730	-28,08621	7,78621	
	Variâncias iguais não assumidas			-1,189	16,544	,251	-10,15000	8,53730	-28,20006	7,90006	
TF - Profundidade	Variâncias iguais assumidas	3,937	,063	,105	18	,918	,00900	,08572	-,17108	,18908	

	Variâncias iguais não assumidas			,105	13,942	,918	,00900	,08572	-,17491	,19291
TQ - Comprimento	Variâncias iguais assumidas	3,673	,071	1,096	18	,287	,35400	,32292	-,32443	1,03243
	Variâncias iguais não assumidas			1,096	14,763	,291	,35400	,32292	-,33525	1,04325
TQ - Ângulo (Ab)	Variâncias iguais assumidas	,824	,376	,010	18	,993	,07400	7,77380	-16,25815	16,40615
	Variâncias iguais não assumidas			,010	17,742	,993	,07400	7,77380	-16,27518	16,42318
TQ - Ângulo (PD)	Variâncias iguais assumidas	4,911	,040	2,373	18	,029	13,80500	5,81768	1,58251	26,02749
	Variâncias iguais não assumidas			2,373	14,225	,032	13,80500	5,81768	1,34585	26,26415
TQ - Ângulo (PE)	Variâncias iguais assumidas	2,166	,158	- 2,520	18	,021	-13,37600	5,30743	-24,52650	-2,22550
	Variâncias iguais não assumidas			- 2,520	13,541	,025	-13,37600	5,30743	-24,79563	-1,95637
TQ - Profundidade	Variâncias iguais assumidas	4,451	,049	1,496	18	,152	,18400	,12301	-,07443	,44243
	Variâncias iguais não assumidas			1,496	14,340	,156	,18400	,12301	-,07924	,44724

A15 - Teste Mann-Whitney – Postos.

Postos				
	Tipo de faca	N	Posto Médio	Soma de Classificações
TF - Ângulo (PD)	Grande	10	10,20	102,00
	Pequena	10	10,80	108,00
	Total	20		
TQ - Largura	Grande	10	14,10	141,00
	Pequena	10	6,90	69,00
	Total	20		

A16 - Teste Mann-Whitney - Estatísticas de teste.

Estatísticas de teste ^a		
	TF - Ângulo (PD)	TQ - Largura
U de Mann-Whitney	47,000	14,000
Wilcoxon W	102,000	69,000
Z	-,227	-2,733
Significância Sig. (bilateral)	,821	,006
Sig exata [2*(Sig. de 1 extremidade)]	,853 ^b	,005 ^b

a. Variável de Agrupamento: Tipo de faca

b. Não corrigido para vínculos.

A17 - Análise métrica das marcas incisadas em osso fresco, para a faca pequena.

Marca	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Ângulo Abertura (°)	Ângulo Pavimento Direito (°)	Ângulo Pavimento Esquerdo (°)	Profundidade (mm)
fpf1	3,78	0,12	70,48	118,69	130,67	0,72
fpf2	2,67	0,36	54,67	125,39	110,50	0,66
fpf3	1,98	0,13	53,78	126,70	100,52	0,40
fpf4	4,12	0,16	38,33	114,59	107,72	0,90
fpf5	5,42	0,32	8,47	88,59	88,39	0,36
fpf6	2,90	0,39	78,42	121,41	133,21	0,43
fpf7	1,22	0,07	68,51	121,49	129,59	0,17
fpf8	0,92	0,21	56,69	120,23	121,18	0,29
fpf9	1,34	0,25	57,31	140,62	101,43	0,20
fpf10	2,79	0,58	77,82	121,65	132,51	0,34

A18 - Análise métrica das marcas incisadas em osso fresco, para a faca grande.

Marca	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Ângulo Abertura (°)	Ângulo Pavimento Direito (°)	Ângulo Pavimento Esquerdo (°)	Profundidade (mm)
fgf1	2,91	0,19	6,52	89,87	89,02	0,46
fgf2	3,84	0,33	30,48	100,32	98,90	0,46
fgf3	2,04	0,23	97,68	140,41	112,96	0,23
fgf4	2,78	0,31	27,92	103,12	105,99	0,52
fgf5	3,31	0,23	79,05	127,76	136,44	0,70
fgf6	2,63	0,16	68,59	123,64	124,69	0,40

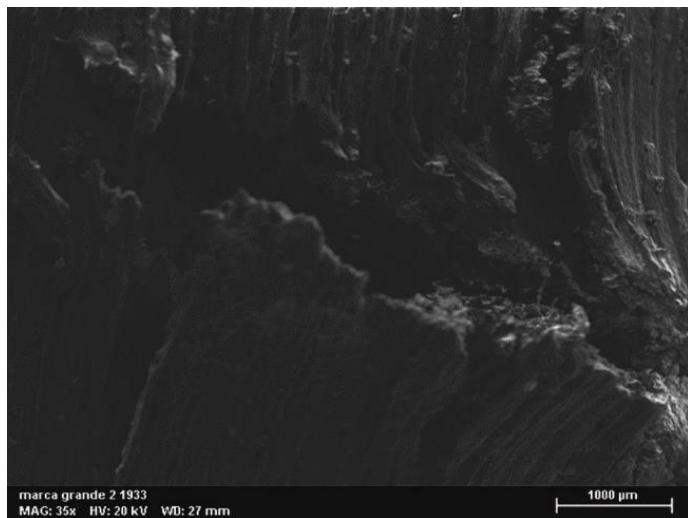
fgf7	2,87	0,39	68,66	113,59	130,68	0,46
fgf8	2,02	0,32	14,92	126,31	64,14	0,57
fgf9	1,70	0,16	11,63	100,81	92,56	0,45
fgf10	2,74	0,22	57,58	136,24	98,84	0,31

A19 - Análise métrica das marcas incisas em osso queimado, para a faca pequena.

Marca	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Ângulo Abertura (°)	Ângulo Pavimento Direito (°)	Ângulo Pavimento Esquerdo (°)	Profundidade (mm)
fpq1	2,00	0,29	44,83	111,66	112,12	0,64
fpq2	2,66	0,24	23,51	94,53	104,61	0,40
fpq3	3,41	0,21	18,15	89,13	105,04	0,41
fpq4	1,85	0,19	69,64	118,34	117,63	0,40
fpq5	3,92	0,06	33,81	106,67	115,82	0,12
fpq6	2,16	0,15	47,68	98,43	121,28	0,33
fpq7	1,89	0,15	25,16	93,40	112,49	0,63
fpq8	2,18	0,15	33,68	99,32	121,44	0,40
fpq9	4,01	0,60	21,76	96,11	100,46	0,81
fpq10	1,76	0,21	51,83	96,32	121,93	0,37

A20 - Análise métrica das marcas incisas em osso queimado, para a faca grande.

Marca	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Ângulo Abertura (°)	Ângulo Pavimento Direito (°)	Ângulo Pavimento Esquerdo (°)	Profundidade (mm)
fgq1	2,30	0,26	21,20	95,06	87,20	0,28
fgq2	3,36	0,47	49,24	85,84	132,74	0,42
fgq3	3,38	0,88	62,77	126,41	100,23	1,08
fgq4	2,27	0,39	23,07	107,79	98,90	0,47
fgq5	2,64	0,26	56,61	125,91	113,13	0,34
fgq6	2,75	0,24	58,81	134,51	108,69	0,28
fgq7	3,34	0,42	14,86	103,82	84,61	0,62
fgq8	3,83	0,36	20,40	111,28	92,77	1,03
fgq9	3,00	0,36	24,43	122,69	86,12	1,14
fgq10	2,51	0,24	39,40	128,65	94,67	0,69



A21 – Imagem SEM de marca incisa ampliada 35x.