

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Análise das Propriedades do granito “Branco Micaela”

Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica

João Emanuel Monteiro Gonçalves

Orientadores:

Paula Luísa Nunes Braga da Silva

Armando da Assunção Soares

Colaborador:

José António Machado Sampaio



Vila Real, 2019

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Análise das Propriedades do granito “Branco Micaela”

Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica

João Emanuel Monteiro Gonçalves

Orientadores:

Paula Luísa Nunes Braga da Silva

Armando da Assunção Soares

Colaborador:

José António Machado Sampaio

“Every block of stone has a statue

inside and it is the task of the

sculptor to discover it”

Michelangelo

Agradecimentos

Esta dissertação de mestrado é o culminar de uma experiência académica única sendo que reúne contributos de várias pessoas. Como tal, agradeço a disponibilidade, acompanhamento atento e colaboração demonstrados por todos os colaboradores, nomeadamente:

À minha família, pais e irmãs em especial, e namorada pela paciência, apoio e amizade, sendo que sempre acreditaram em mim. Sem eles este projeto não teria sido alcançado.

Aos professores Paula da Silva e Armando Soares, orientadora e coorientador, obrigado pelo apoio, incentivo confiança e pelo estímulo do meu interesse pelo conhecimento e pela vida académica.

Ao Engenheiro José Sampaio e à empresa Transgranitos, por me terem concedido autorização para a realização deste estudo e um agradecimento especial ao seu apoio e incentivo.

A todos os meus colegas e docentes da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro por tornarem o meu percurso académico ímpar e inesquecível.

A todos os meus amigos filarmónicos que me apoiaram, nos bons e nos maus momentos, ajudaram-me a fazer música ao longo dos anos e sempre me deram palavras de apoio.

Resumo

As propriedades físicas e mecânicas definem os materiais e o estudo da variação da cor e do brilho, consoante o acabamento final dado ao granito Branco Micaela, é de suma importância, já que permite potenciar novas utilidades para este recurso, para que se possa transformar em vários produtos e consequentemente abranger vários mercados.

Assim, foram recolhidas amostras do granito Branco Micaela, que por sua vez foram sujeitas a diferentes acabamentos: polido, amaciado, serrado, flamejado e granalhado. As amostras depois de lhes ser conferido o acabamento respetivo, foram alvo caracterização relativamente a sua cor e brilho. Verificou-se, assim, como variam estes fatores, não só no material a seco como também quando sujeito ao contacto com a água.

Este trabalho permitiu verificar a existência de variações na cor e no brilho mediante o tipo de acabamento e quantificar o efeito da água nestes parâmetros levando a novas abordagens comerciais do granito “Branco Micaela” pois quantifica o grau de cor e de brilho de vários tipos de acabamentos que podem ser utilizados consoante as aplicações e características desejadas.

Palavras-chave: Granito Branco Micaela, Cor, Brilho; Transgranitos; Colorímetro, Brilhómetro.

Abstract

The physical and mechanical properties define the materials and the study of the variation of colour and gloss, according to a given finishing treatment applied to the Branco Micaela granite is of great importance, so that new utilities can be glimpsed for this resource and it can be transformed in several products and consequently cover several markets.

Branco Micaela granite samples were collected, which in turn were subjected to different finishes: polished, honed, sawed, flamed and shotblasted. Branco Micaela granite samples, after being given the respective finishing, were examined according to their colour and brightness and it was verified how these factors vary with the finishes, in dry and wet conditions.

This work allowed to verify the existence of variations on the colour and brightness through the finishing and to verify the effect of water in these parameters allowing new commercial approaches of "Branco Micaela" granite because it was quantified the degree of colour and brightness obtained using several finishes.

Keywords: Branco Micaela granite, Colour, Gloss; Transgranitos; Colorimeter, Glossmeter.

Índice

Agradecimentos i

Resumo iii

Abstract iv

Índice v

Índice de Figuras ix

Índice de tabelas xii

Índice de Equações xiii

1. Introdução 1

 1.1. Enquadramento da investigação 1

 1.2. Motivações pessoais 2

 1.3. Objetivos 4

 1.4. Metodologia 4

 1.5. Organização da dissertação 6

2. Características de superfície em rochas ornamentais 7

2.1	Brilho	8
2.1.1	Brilho fatores que influenciam a perda de brilho.....	9
2.1.2	Medição do brilho em superfícies de rocha	10
2.2	Cor	13
2.2.1	História das cores	17
2.2.2.1	Espaço de cor L*a*b* /Sistema CIE LAB	17
2.2.2.2	Espaço de cor L*C*h*.....	17
2.2.2.3	Avaliação da cor das rochas	23
3.	Transformação de granito.....	26
3.1.	Material bruto	26
3.2.	Material semiacabado.....	29
3.3.	Material acabado	34
4.	Estudo das propriedades físicas do granito Branco Micaela.....	35
4.1.	Caracterização do granito “Branco Micaela”.....	35
4.2.	Obtenção das amostras	41

4.3.	Metodologia dos ensaios	42
4.3.1.	Determinação da cor:	43
4.3.2.	Determinação do brilho:.....	45
4.3.3.	Amostras molhadas	47
4.4.	Análise e Discussão dos resultados	48
4.5.	Validação de resultados	51
4.5.1.	Resultados a seco	51
4.5.2.	Resultados a molhado	52
4.6.	Análise microscópica.....	54
4.7.	Discussão dos resultados	58
4.7.1.	Resultados a seco	58
4.7.2.	Resultados a molhado	62
4.7.3.	Resultados a seco vs molhado.....	65
5.	Conclusões	68
6.	Bibliografia.....	70

7.	Bibliografia Digital	74
8.	ANEXOS.....	75

Índice de Figuras

Figura 1 - Castelo de Pena Aguiar (Internet 1)	3
Figura 2 - Ângulos de medição de brilho (Norma internacional ISO 2813:2014).....	12
Figura 3 – Esquema de funcionamento do brilhómetro (Internet 2)	13
Figura 4 - Seção transversal da roda das cores (Konica Minolta, 1998).....	15
Figura 5 -Tonalidade, Luminosidade e Suturação – Sólido em 3 dimensões (Konica Minolta, 1998).	16
Figura 6 – Sólido de cores (Internet 3)	16
Figura 7 - Diagrama de cromaticidade, (Konica Minolta, 1998).	18
Figura 8 - Representação sólida do Espaço de cores CIE LAB (Internet 4).....	19
Figura 9 - Diferença de cor no Espaço de cor CIE LAB. (Konica Minolta, 1998).....	20
Figura 10 - Extração mecânica em pedreiras (Internet 5)	27
Figura 11 - Extração com explosivos em pedreiras (Internet 6)	28
Figura 12 – Esquema representativo de um engenho multi-lâmina (Frazão, 2015)	29
Figura 13 – Abrasivos utilizados no polimento e amaciamento de rochas (Fotografia do Autor).....	30
Figura 14 – Polidora de Granito (Internet 7).....	31
Figura 15 – Flamejadora de Granito (Fotografia do Autor).....	32
Figura 16 – Granalhadora de Granito (Fotografia do Autor)	33
Figura 17 - Imagem de satélite da pedreira do Granito Branco Micaela (pedreira pertencente à empresa Transgranitos) Coordenadas: 40°45'46.2"N 7°29'14.8"W (FONTE: Internet 8)	35
Figura 18 - Amostra utilizada no ensaio laboratorial (FONTE: LGA136-182-EN)	37
Figura 19 – Fotomicrografia em microscopia de polarização (FONTE: LGA136-182-EN)	38

Figura 20 - Mica branca a preencher uma fratura plástica no quartzo (FONTE: LGA136-182-EN)a	39
Figura 21 - Mica branca a preencher o espaço intergranular entre dois cristais de quartzo (FONTE: LGA136-182-EN)	40
Figura 22 - Carbonato a preencher o espaço intergranular entre os cristais de quartzo (FONTE: LGA136-182-EN)	40
Figura 23 - Mica Branca com uma ligeira deformação elástica (FONTE: LGA136-182-EN)	40
Figura 24 - Numeração dos provetes de granito (Fotografia do Autor).....	42
Figura 25- Obtenção das Amostras Molhadas	47
Figura 26 – Amostra Polida seca (á esquerda) e molhada (á direita).....	48
Figura 27 – Amostra Amaciada seca (á esquerda) e molhada (á direita).....	48
Figura 28 - Amostra Granalhada seca (á esquerda) e molhada (á direita)	49
Figura 29 – Amostra Flamejada seca (á esquerda) e molhada (á direita)	49
Figura 30 – Amostra Serrada seca (á esquerda) e molhada (á direita).....	50
Figura 31 – Histograma Gaussiana para amostras polidas secas com um ângulo incidente de 20° (em cima á esquerda), amostras polidas secas com um ângulo incidente de 60° (em cima á direita), amostras polidas secas com um ângulo incidente de 85° (em baixo á esquerda), amostras amaciadas secas com um ângulo incidente de 85° (em baixo á direita).....	52
Figura 32 - Histograma Gaussiana para amostras polidas molhadas com um ângulo incidente de 20° (em cima á esquerda), amostras polidas molhadas com um ângulo incidente de 60° (em cima á direita), amostras polidas molhadas com um ângulo incidente de 85° (no meio á direita), amostras amaciadas molhadas com um ângulo incidente de 20° (no meio á esquerda), amostras amaciadas	

molhadas com um ângulo incidente de 60° (em baixo á esquerda), amostras amaciadas molhadas com um ângulo incidente de 85° (em baixo á direita).....	53
Figura 33 – Imagem microscópica de amostras polidas para uma ampliação de 50 x (a), 100 x (b) e 200 x (c)	54
Figura 34 – Imagem microscópica de amostras amaciadas para uma ampliação de 50 x (a), 100 x (b) e 200 x (c)	54
Figura 35 - Imagem microscópica de amostras granalhadas para uma ampliação de 50 x (a, b ,c)	55
Figura 36 - Imagem microscópica de amostras flamejadas para uma ampliação de 50 x (a, b) e 100 x (c).....	55
Figura 37 - Imagem microscópica de amostras serradas para uma ampliação de 50 x (a, b) e 100 x (c)	56
Figura 38 - Imagem microscópica de amostras polida (a), amaciada (b), granalhada (c), flamejada (d) e serrada (e) para uma ampliação de 50x	57
Figura 39 – Valores médios para o Parâmetro a e b obtidos nos ensaios laboratoriais.	58
Figura 40 - Valores para o Parâmetro L obtidos nos ensaios laboratoriais.....	59
Figura 41 – Valores médios para o Parâmetro a e b obtidos nos ensaios laboratoriais.	62
Figura 42 - Valores para o Parâmetro L obtidos nos ensaios laboratoriais.....	63
Figura 43 - Amostras Secas (á esquerda) e molhadas (á direita)	65
Figura 44 - Valores para o Parâmetro a obtidos nos ensaios laboratoriais. (Seco e molhado)	66
Figura 45 - Valores para o Parâmetro b obtidos nos ensaios laboratoriais. (Seco e molhado)	66
Figura 46 - Valores para o Parâmetro L obtidos nos ensaios laboratoriais. (Seco e molhado)	67

Índice de tabelas

Tabela 1 - Constituintes do granito Branco Micaela (Anexo 1)	37
Tabela 2 – Equipamentos utilizados para a obtenção das amostras.....	41
Tabela 3 – Colorímetro X-Rite 360	44
Tabela 4 – Brilhómetro Novo-Gloss Trio.....	46
Tabela 5 – Variação do parâmetro L no granito Branco Micaela e Grissal.....	59
Tabela 6 – Média dos resultados obtidos para o brilho para as amostras secas.....	60
Tabela 7 – Comparação dos parâmetros de brilho entre os dados obtidos no presente estudo e o trabalho realizado por Gonçalves et al 2013.....	61
Tabela 8 - Média dos resultados obtidos para o brilho para as amostras molhadas	64
Tabela 9 - Média dos resultados obtidos para o brilho	67

Índice de Equações

Equação 1	19
Equação 2	19
Equação 3	19
Equação 4	20
Equação 5	21
Equação 6	21
Equação 7	22



1. Introdução

O estudo das propriedades dos materiais foi desde sempre basilar para a própria sobrevivência do ser humano. A importância é tal que dividimos as grandes etapas da nossa História consoante os materiais que predominavam no nosso quotidiano (Idade da Pedra, do Bronze, do Cobre, do Ferro, etc..).

1.1. Enquadramento da investigação.

As rochas ornamentais naturais são utilizadas desde a antiguidade pelo ser humano para a construção. Nos últimos anos a utilização de rochas, como o granito, para a construção de ladrilho, fachadas ou estradas tem tido uma grande expansão, quer em edifícios habitacionais quer em grandes obras arquitetónicas, (Vásquez, 2010).

Em muitas zonas de Portugal o granito constitui uma fonte de riqueza importante pois além de empregar uma quantidade significativa de mão-de-obra (muita da qual qualificada), a rocha é extraída e transformada, sendo exportada para diversos mercados, contribuindo assim para a entrada de divisas. (Gonçalves, 2010) Para a comercialização das rochas ornamentais naturais é necessário determinar as propriedades físicas e mecânicas por forma a avaliar as capacidades destes materiais para serem utilizados nas aplicações atrás referidas bem como, estimar a durabilidade dos acabamentos superficiais, (Shehata *et al.*, 1990; Sousa *et al.*, 2012).

Portugal é um país com uma longa tradição na extração e transformação de rochas ornamentais, ocupando a décima posição mundial, uma posição digna dado a sua dimensão (Sousa L. , 2012).



Assim a pertinência deste trabalho fundamenta-se na necessidade de haver um conhecimento aprofundado não só dos recursos geológicos, neste caso, o granito Branco Micaela, mas sim e cumulativamente do “*apport*” que os diferentes acabamentos lhe podem conferir. É muito importante determinar quais as características físicas e mecânicas, que se podem encontrar, ou esperar encontrar, no granito Branco Micaela depois de sujeito a diferentes acabamentos. Este conhecimento vai despoletar por certo novas abordagens comerciais, e contribuir dessa forma para um incremento do potencial comercial deste recurso, que assim se poderá transformar em diferentes produtos, com uma muito maior abrangência de mercado.

1.2. Motivações pessoais.

Como *nativo* da “Capital do Granito”, este recurso de extrema importância, regional e nacional, desde sempre suscitou em mim curiosidade, admiração e respeito. Esta amálgama de sentimentos emergia cada vez que contemplava (e contemplo) as construções mais antigas em granito, sendo que, algumas contam com centenas de anos permanecendo seguras e elegantes, como o castelo de Aguiar - um dos exemplos mais eloquentes a que posso aludir. (Figura 1)



Figura 1 - Castelo de Pena Aguiar (Internet 1)

Com o meu ingresso no curso de engenharia mecânica, uma outra área de interesse começou a ocupar as minhas cogitações: o comportamento físico e mecânico dos diferentes materiais, assim sendo, este trabalho surge da fusão entre estes dois conceitos.

O estágio profissional que desenvolvi durante um ano na empresa Transgranitos, Mármore e Granitos do Alto Tâmega Lda., teve o condão de despertar a minha consciência e interesse para a linha de investigação a que me proponho - a análise das propriedades físicas e mecânicas resultantes de diferentes acabamentos no granito “Branco Micaela”.



1.3. Objetivos

O presente trabalho pretende:

- Estudar as variações na cor e no brilho do granito “Branco Micaela” mediante o acabamento superficial a que está sujeito.

- Verificar as variações das propriedades do granito “Branco Micaela” quando sob a influencia de elevadas concentrações de água.

- Estabelecer uma comparação factual, entre os diferentes acabamentos para que, desta forma, cada acabamento possa ser enquadrado no mercado de forma o mais assertiva possível.

1.4. Metodologia

Ao analisar o tipo de trabalho que se pretende desenvolver, este enquadra-se na imagem de um estudo de caso. O tipo de estudo que se afigura, como sendo o mais adequado, é o estudo do tipo experimental (FORTIN, 2003 - 3^a edição) “Em poucas palavras, o objetivo dos estudos de tipo experimental consiste em examinar a causalidade. Para uma variável independente X, uma intervenção qualquer é induzida numa situação e são observados os seus efeitos sobre uma, ou mais que uma, variável dependente Y, a fim de explicar e de predizer tal resultado”.

No que toca a abordagem, estamos perante um estudo de cariz quantitativo. Neste caso, tentou-se aquilatar, a presença, ou não, de uma correlação direta entre o acabamento dado ao



granito e os resultados efetivos (alteração das suas características). Esta é claramente uma questão quantitativa.

No que concerne a variáveis, podemos identificar claramente duas no caso de investigação proposto: uma variável independente (o tipo de acabamento a que o granito Branco Micaela é sujeito), e uma variável dependente (a variação da cor e do brilho).

A amostra a considerar foi uma amostra não aleatória, isto é, foi escolhida, tendo sempre o cuidado de a tornar o mais representativa possível, dentro do universo em estudo. Para cada acabamento foram produzidas cerca de 5 amostras, cada uma com as dimensões: 20 cm × 20 cm × 3 cm.

Para a elaboração deste trabalho foi necessária a realização de atividades laboratoriais que tiveram lugar nos laboratórios “I&D” - “Investigação e Desenvolvimento” da empresa Transgranitos – Mármores e Granitos do Alto Tâmega Lda e no laboratório de materiais da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. De modo a realizar estes ensaios foi necessário a utilização de um microscópio eletrónico, um colorímetro e um brilhómetro, essenciais para a determinação das características de superfície do granito estudado.



1.5. Organização da dissertação.

Este trabalho, divide-se em cinco vertentes fundamentais:

- Contextualização da questão problema;
- Revisão bibliográfica sobre a cor e o brilho;
- Etapas de transformação do granito;
- Caracterização do granito Branco Micaela;
- Análise e discussão de resultados;
- Conclusões;
- Propostas de trabalhos futuros;



2. Características de superfície em rochas ornamentais

A rocha é, dos vários materiais de construção, o mais abundante. Contudo, apesar da sua durabilidade, deve ter-se em conta a sua natural degradação ao longo do tempo que ocorre através de alterações nos seus atributos quando em contacto com o meio ambiente (Giménez *et al.*, 2013). A velocidade e tipo de degradação são determinados pela natureza do material e pelo meio ao qual está exposto. Flutuações na aparência estética, bem como na diminuição da resistência da rocha podem ser resultado das alterações nas propriedades físicas e/ou químicas. (Fascá e Yamamoto, 2006).

As transformações estéticas resultam em efeitos como perda de cor, formação de crostas, manchas, esfoliação, fragmentação e desprendimento de minerais, entre outros, que podem levar a custos financeiros associados devido à necessidade de substituição, reparação ou limpeza. (Fascá e Yamamoto, 2006)

Antes da revolução industrial, os agentes naturais eram a causa principal de degradação dos edifícios, algumas das vezes subitamente (devido a terramotos ou furações por exemplo). Na era da sociedade industrial, a poluição atmosférica passou a ter um papel importante nestes processos. Em condições naturais, a água proveniente da atmosfera é o principal agente associado à degradação das rochas. (Reyes *et al.*, 2011).

O presente capítulo tem como objetivo expor dois métodos de caracterização da superfície de granito Branco Micaela, a cor e o brilho.



2.1 Brilho

Com crescimento em diversos países, principalmente usado em fachadas de edifícios quer comerciais quer residenciais, os revestimentos têm marcado a história da arquitetura.

O brilho é uma das características estéticas mais importantes da rocha ornamental (Silva *et al.*, 2008). Apesar disso, nem sempre este brilho é desejado para o fim a que se destina. A função e aplicabilidade são critérios importantes para direcionar a utilização da rocha. As rochas mais notavelmente utilizadas, comercialmente, para revestimento são os “granitos” (silicáticas) e os “mármore” (carbonáticas). Estes são materiais em que o polimento é uma opção possível. O polimento incrementa a capacidade de reflecção luminosa da rocha pelo que lhe confere a característica de refletir as ondas de luz visível (brilho). Este aspeto desempenha um papel relevante quando se consideram questões estéticas e é muito reconhecido nos projetos arquitetónicos (Silva *et al.*, 2008).

De acordo com Gonçalves (2010) o brilho é uma propriedade ótica de uma superfície, caracterizada pela sua capacidade de refletir a luz. As alterações no brilho, designadamente a sua perda total ou redução, durante a vida da rocha, causada por processos físicos e químicos, é um indicativo de disfunção. Segundo Silveira (2007) as variáveis que desempenham um papel central na capacidade de uma superfície polida refletir a luz são as irregularidades da superfície e as diferentes propriedades do material rochoso. No que toca às irregularidades de superfície, estas podem refletir a luz com vários ângulos o que leva a uma diminuição do brilho da mesma. Por outro lado, as propriedades do material, nomeadamente a mineralogia, proporção relativa e tamanho dos cristais, direção do corte em relação à orientação dos cristais e preenchimentos de macro e micro descontinuidades levam a transformação do brilho de uma superfície. Este brilho, numa superfície polida, é também influenciado pela diafaneidade dos cristais, já que os



mesmos, refletem várias vezes a luz incidente diminuindo, desta forma, a quantidade da luz que é refletida.

Este autor afirma também que as variáveis mais influentes na qualidade do brilho são cinco, nomeadamente: macro e micró-poros; superfície dos cristais, diferença angular entre a direção do corte e a orientação preferencial dos cristais; micro-fraturas preenchidas e tipos de minerais que constituem a rocha.

2.1.1 Brilho fatores que influenciam a perda de brilho

Dentro das alterações que ocorrem nos revestimentos externos, executados em placas pétreas, o aparecimento de manchas, mudança de cor e degradação física, a perda de brilho é a que mais se destaca. Estas placas tendem a decompor-se, principalmente, devido às condições climáticas agressivas e à adoção de procedimentos de construção e manutenção inapropriados. As partículas, principalmente as partículas finas, transportadas pelo vento, chocam com a superfície das fachadas ou o desgaste mecânico provocado por tráfego intenso de pedestres/veículos em pisos polidos constituem causas físicas de perda de brilho. Por outro lado, entre as causas químicas encontram-se a ação dos poluentes, atmosferas agressivas ou uso inadequado de produtos de limpeza, que podem originar oxidação, alteração cromática, dilatação, escamação e desprendimento dos minerais. Estes problemas levam também a uma perda do brilho. A água é o solvente para diversos agentes químicos, ainda que sob a forma de humidade. A elevada humidade das regiões costeiras aliada à sua característica salina é um fator proeminente de intensa alteração das placas pétreas. (Silva *et al.*, 2008)



A poluição automóvel é também um fator fulcral na degradação dos revestimentos.

Gases como o dióxido de carbono e gases sulfurosos são os agentes químicos mais agressivos.

Em ambientes poluídos, os agentes supracitados apresentam níveis elevados que reagem com os minerais constituintes das rochas, diminuindo a sua coesão interna. O interior da placa pétreia pode decompor-se. Assim, a porosidade aumenta e por consequência há uma diminuição da resistência mecânica do material e uma alteração no brilho da placa (Silva *et al.*, 2008).

Os dejetos de alguns aves, os pombos por exemplo, provocam corrosão química já que este material orgânico tem uma composição bastante ácida. Microrganismos como fungos, bactérias ou algas, que sofrem multiplicação em condições apropriadas de luz e humidade, podem ser prejudiciais por se nutrirem de minerais provenientes do material ao qual se fixam (Silva *et al.*, 2008).

2.1.2 Medição do brilho em superfícies de rocha

O brilho pode ser medido através da análise de imagens ou usando equipamentos específicos, os medidores de brilho ou brilhômetros.

Em 2002, Erdogan, compatibilizou os procedimentos estabelecidos pela normativa ASTM D523-89 com análise de imagens. A preparação das amostras de duas rochas ornamentais foi realizada em estádios distintos de polimento, tendo constatado que em ambos os materiais os valores do brilho são inversamente proporcionais à rugosidade da superfície. Sanmartín *et al.*, (2011). Perceberam, também, que os valores de brilho são afetados pela cor da rocha, mas de formas distintas se a superfície for lisa ou rugosa.



Silva *et al.* (2008), utilizaram a medição direta da refletância das placas pétreas auxiliados pelo medidor de brilho portátil, modelo IG 330- Gloss CHECKER com ângulo de 60° para a sua investigação. Efetuaram medidas em cinco rochas silicatadas e duas rochas carbonatadas. As rochas silicatadas tinham sido aplicadas em revestimentos há cerca de 5 anos, enquanto as carbonatadas encontravam-se expostas em períodos que variavam de 5 a 15 anos. As medições do brilho na superfície das rochas estudadas foram comparadas a uma placa sã (obtida na indústria transformadora). Foram realizadas diversas medições de brilho, em cada um dos litotipos polidos, em estado sã e o mesmo número de medidas foi também efetuado nos revestimentos externos em investigação.

Com este estudo, determinaram que o tempo de exposição aos agentes externos atua de forma importante, principalmente nos períodos iniciais da instalação. Nas rochas graníticas, esta importância foi válida para os cinco primeiros anos de revestimento, a partir desta data não se observou perda de refletância significativa. Nas placas em estudo, os materiais carbonatados sofreram uma maior degradação física, com maior perda de brilho, quando comparadas aos materiais silicatados.

Segundo a Norma Internacional ISO 2813:2014 (Gonçalves, 2010), o princípio da medição de brilho é baseado na medição da luz refletida direccionalmente. A intensidade da reflexão luminosa depende da superfície do material e do ângulo de incidência. Os valores de brilho não são influenciados pela intensidade de luz incidente.

Esta norma especifica métodos para determinação do brilho dependentes do grau de brilho da superfície em estudo. As seguintes medidas foram aprovadas, o ângulo de 20° para superfícies com alto brilho, 60° para superfícies com brilho intermédio e 85° para amostras de baixo brilho (mate).

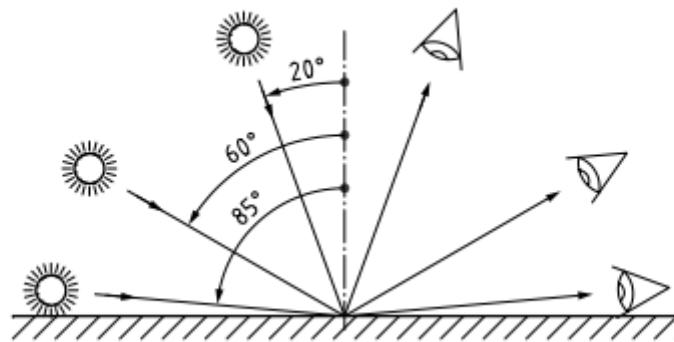


Figura 2 - Ângulos de medição de brilho (Norma internacional ISO 2813:2014).

Este método é apropriado para revestimentos sem textura em substratos planos ou opacos, podendo ser também aplicado a outras superfícies.

Neste caso, o eixo do feixe incidente tem de estar num ângulo (α_1) de $(20,0 \pm 0,1)$, $(60,0 \pm 0,1)$, $(85,0 \pm 0,1)$, da superfície em teste, sendo que com uma peça plana de vidro preto polido ou outra superfície espelhada frontal em vez da posição do painel de teste um ponto de stop da fonte de origem deve ser reproduzida no centro do campo recetor.

O eixo ótico do feixe recetor deve coincidir com a imagem especular do eixo ótico do feixe incidente, dentro de $\pm 0,1$, (Figura 2).

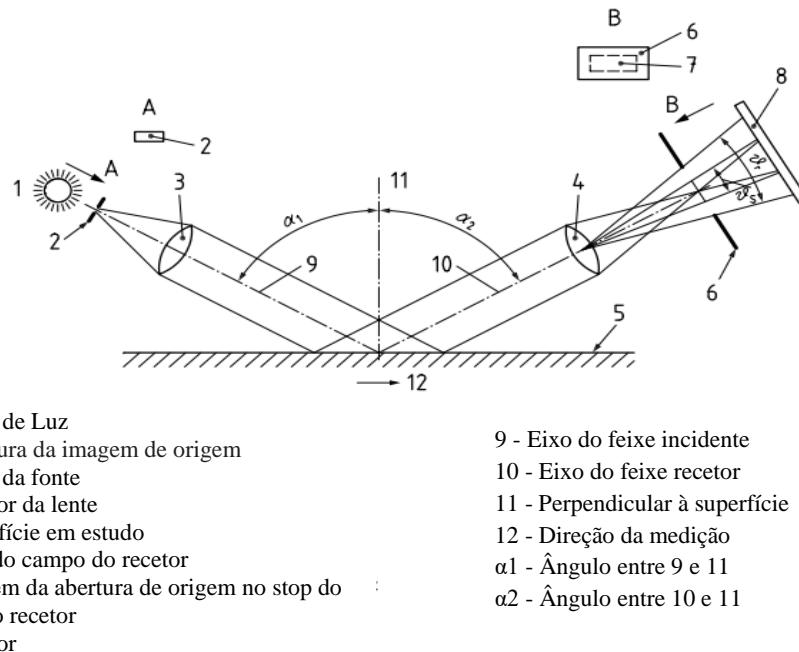


Figura 3 – Esquema de funcionamento do brilhômetro (Internet 2)

2.2 Cor

Hansen *et al.* (2006), demonstrou que a memória influencia a aparência de uma mesma cor para diferentes indivíduos. Daí advém que a cor é uma matéria de percepção, mas simultaneamente, uma interpretação subjetiva. Ainda que diversas pessoas observem o mesmo objeto elas terão referências e experiências diferentes para definir a mesma cor (Konica Minolta, 1998).

A cor das rochas depende das suas características petrográficas: composição mineral, textura e estrutura. Os minerais presentes são de importância primordial, sobretudo, as substâncias corantes que podem conter. Os óxidos de ferro, que originam uma cor avermelhada, são os pigmentos mais frequentes. O tamanho do grão influencia em menor grau a cor, no entanto, rochas de grão mais fino apresentam cores mais homogéneas.



A cor pode exprimir-se de formas distintas: qualitativa, semi-quantitativa e quantitativamente. Na forma qualitativa, expressa-se pela observação visual direta (amarelo, bege, etc...). Para a forma semi-quantitativa é utilizada uma chave alfanumérica estabelecida: “carta de cores”. De outra forma, a quantitativa, expressa-se mediante parâmetros numéricos obtidos com ajuda de técnicas instrumentais (colorímetros e espectrofotômetros), (Gonçalves, 2010).

A tonalidade (cor), luminosidade (claro/escuro) e saturação (pureza) são variáveis que permitem classificar as cores, (Konica Minolta, 1998).

A tonalidade utiliza-se para a classificação dos verdes, vermelhos ou amarelos, etc. O laranja, ou amarelo avermelhado resulta da junção do vermelho com amarelo, da mesma forma que a adição de amarelo e verde origina um amarelo-esverdeado. A contiguidade das tonalidades resulta na roda de cores, Figura 4 (Konica Minolta, 1998).

A luminosidade é independente da classificação de tonalidade e as cores podem ser classificadas em claras ou escuras no que toca à luminosidade. A Figura 4 representa uma seção transversal da roda das cores, cortada em linha reta entre o A (verde) e B (vermelho-púrpura). Na figura é observável que a luminosidade incrementa quando se direciona ao topo. Por outro lado, a saturação é independente quer da classificação da tonalidade quer da luminosidade. Verifica-se igualmente que a saturação muda para cada uma das cores citadas em cima conforme a cor se distancia horizontalmente do centro. As cores mais sujas (menos saturadas) encontram-se no centro enquanto as mais limpas e vivas se encontram na periferia. A tonalidade, luminosidade e saturação são três dos atributos da cor e podem ser dispostos para criar conjuntamente um sólido tridimensional, representado na Figura 5 (Konica Minolta, 1998).



Figure 1: Color wheel

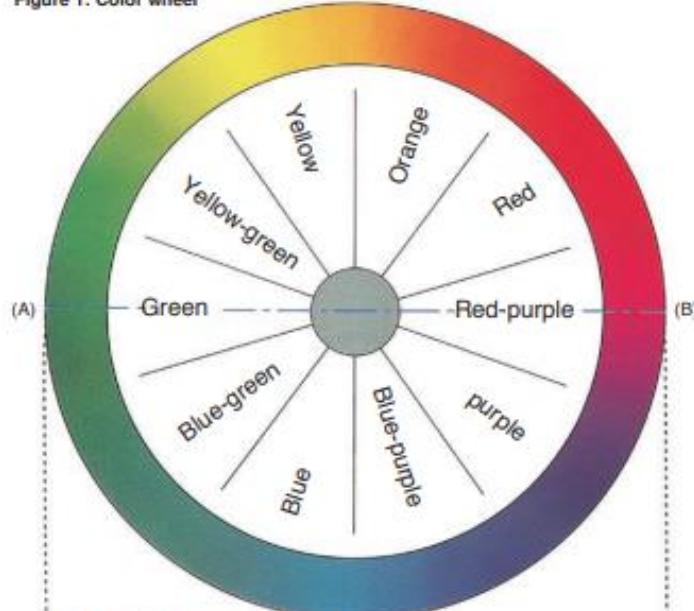


Figure 2: Changes in lightness and saturation for red-purple and green

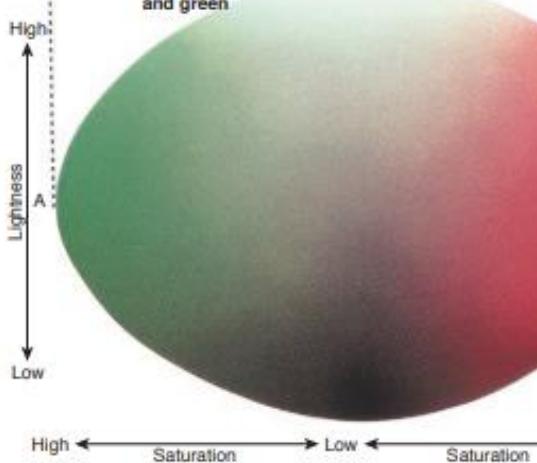


Figure 3: Adjectives related to colors

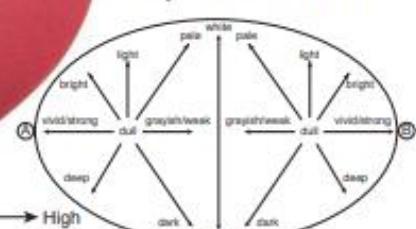


Figura 4 - Seção transversal da roda das cores (Konica Minolta, 1998)

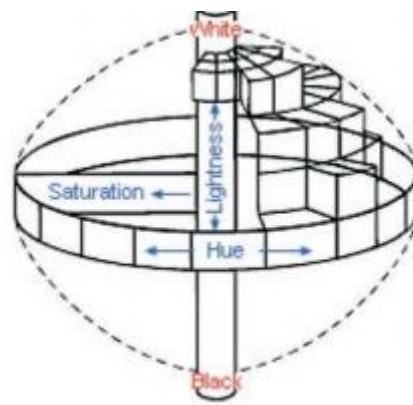


Figura 5 -Tonalidade, Luminosidade e Suturação – Sólido em 3 dimensões (Konica Minolta, 1998)

A tonalidade encontra-se no exterior do sólido, com a luminosidade como eixo central e a saturação a nível horizontal nos raios. Se todas as cores se distribuíssem neste sólido, estas seriam representadas com mostra a Figura 6. Apesar do sólido de cores ser útil para melhor visualizar as relações entre a luminosidade, tonalidade e saturação, a forma seria muito complexa em função dos intervalos de saturação para cada uma das outras características, (Konica Minolta, 1998).

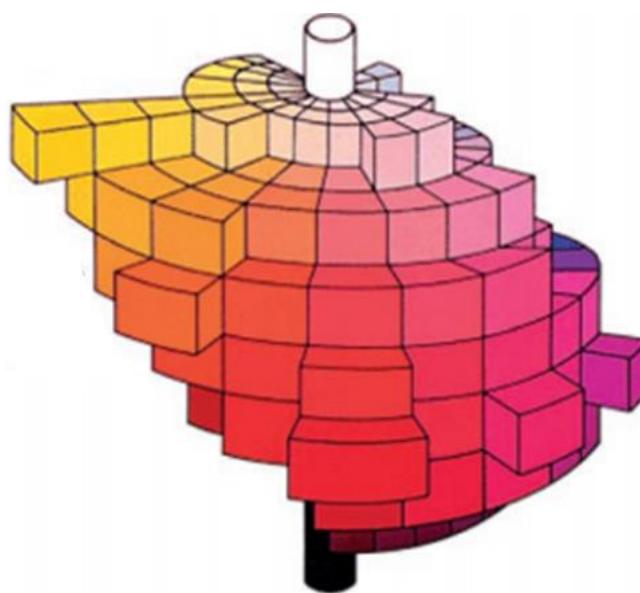


Figura 6 – Sólido de cores (Internet 3)



2.2.1 História das cores

O sistema de Notação de Munsell, ainda utilizado atualmente, foi adaptado, após uma série de experiências, do método de expressão de A.H.Munsell em 1905, o qual utilizou um grande conjunto de pastilhas coloridas, classificadas de acordo com a sua tonalidade (Munsell Hue), luminosidade (Munsell Value) e saturação (Munsell Chroma), que permitia a comparação visual com uma amostra de cor, (Konica Minolta, 1998).

Neste sistema, uma qualquer cor é expressa com combinação de letras e números (H V/C), sendo que o H representa a tonalidade, o V a luminosidade e o C a saturação, através da análise comparativa, que se utiliza nos livros de cor de Munsell.

A Commission Internationale de L'Eclairage (CIE), organização internacional dedicada à luz e cor, desenvolveu outros métodos para expressão numérica das cores. Os dois mais conhecidos são o espaço de cores Yxy, que surgiu em 1931, baseado nos valores tristímulus XYZ definidos pela CIE e o espaço de cores L*a*b*, que por sua vez surgiu em 1976 com a finalidade de proporcionar uma avaliação mais uniforme nas diferenças de cores em relação às avaliações visuais, (Konica Minolta, 1998).

2.2.1.1 Espaço de cor L*a*b* /Sistema CIE LAB

O espaço de cor L*a*b* (também conhecido como CIE LAB) é um dos espaços de cores mais populares para a medição de cores e é amplamente utilizado, (Konica Minolta, 1998). De acordo com a CIE, um espaço de cor é uma representação, usualmente em três dimensões, (CIE, 1987).

Neste espaço de cor, a distância entre dois pontos prediz aproximadamente quanto diferentes as cores são, em termos de luminosidade, saturação e tonalidade, (Schwiegerling, 2004). Neste, o L^* indica a luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco), representando o a^* e o b^* são coordenadas cromáticas, em que pela definição *standard* CIELAB não há limites específicos, (Hill e Vorhagen, 1997).

A Figura 7 mostra o diagrama de cromaticidade a^* , b^* , onde a^* e b^* indicam as direções de cores: $+a^*$ dirige-se para o vermelho, $-a^*$ para a direção verde, $+b^*$ na direção amarela, e $-b^*$ na direção do azul. O centro é acromático e com a deslocação do a^* e b^* para a periferia a saturação da cor aumenta. ((Konica Minolta, 1998).

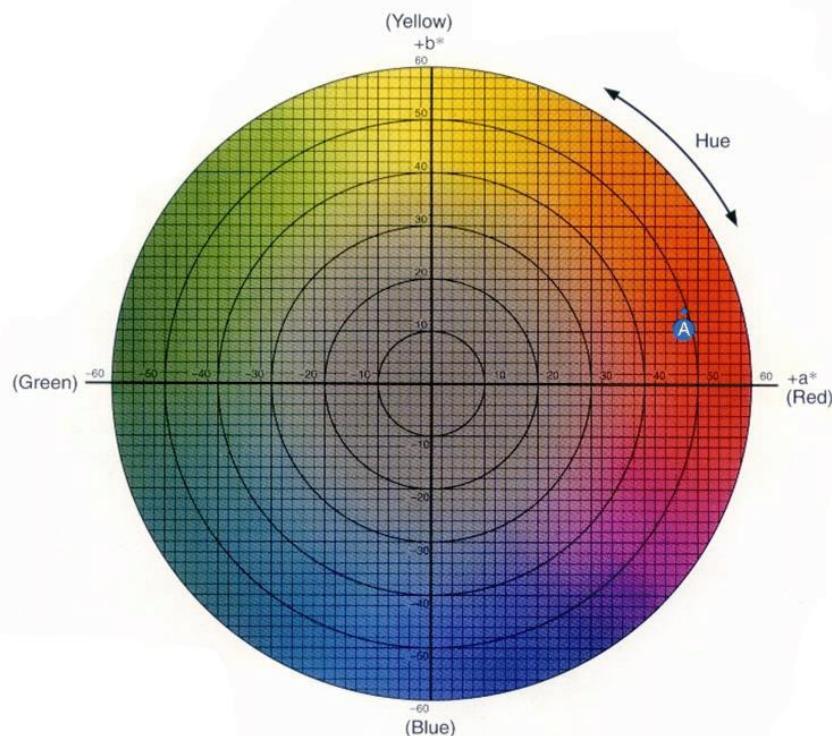


Figura 7 - Diagrama de cromaticidade, (Konica Minolta, 1998).

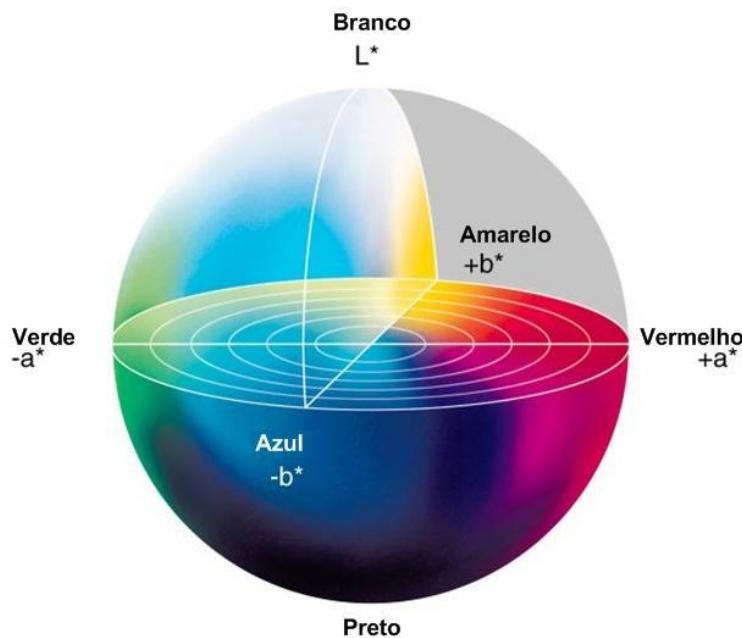


Figura 8 - Representação sólida do Espaço de cores CIE LAB (Internet 4)

As diferenças de cor, embora por vezes difícil de distinguir visualmente, podem ser mais facilmente entendidas quando expressas numericamente, com recurso a um espectrofotómetro e/ou colorímetro. As coordenadas do espaço de cor CIELAB são calculadas através do tristímulus XYZ, segundo as seguintes fórmulas (Schwiegerling, 2004):

$$L' = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16 \quad \text{Equação 1}$$

$$a' = 500 \left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right] \quad \text{Equação 2}$$

$$b' = 200 \left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right] \quad \text{Equação 3}$$



Onde, L^* representa a luminosidade, a^* e b^* são as coordenadas de cromaticidade.

X, Y, Z : valores tristímulus XYZ (observador padrão 2°) da amostra; X_n, Y_n, Z_n ; valores tristímulus XYZ (observador padrão 2°) de um difusor de reflexão ideal.

No espaço de cores $L^*a^*b^*$, a diferença de cor pode ser expressa com um único valor, o ΔE^*_{ab} , o qual indica o tamanho da diferença de cores, mas não mostra de que forma as cores são diferentes. Quanto mais elevado o ΔE^*_{ab} mais acentuadas são as diferenças entre as duas cores nos parâmetros $L^* a^*b^*$, (Konica Minolta, 1998).

As variações entre duas cores no espaço de CIE LAB é determinado pela fórmula, (Schwiegerling, 2004):

$$\Delta E = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad \text{Equação 4}$$

Esta fórmula considera as variações nos três parâmetros colorimétricos ($L^*a^*b^*$) com valores médios obtidos para os referidos parâmetros.

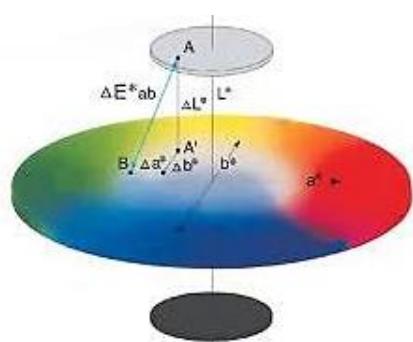


Figura 9 - Diferença de cor no Espaço de cor CIE LAB. (Konica Minolta, 1998)



Sousa e Gonçalves (2013) avaliaram 6 medições repetidas dos parâmetros de cor nas mesmas amostras rochosas de modo a apurar a reprodutibilidade do CIE LAB. Através da formula supracitada para determinar ΔE^*_{ab} , e considerando como valores padrão os obtidos na primeira medição para cada amostra individual, obtiveram que a variação dos parâmetros de cores era pequena, com valores de ΔE^*_{ab} baixos, nomeadamente inferiores a 3 unidades de CIELAB, o limite superior de uma cor rigorosa. (Berns, 2000). Tendo em conta o conhecimento atual, pode afirmar-se que valores de ΔE^*_{ab} inferiores a 2,5 não têm relevância estatisticamente significativa. Contudo, mais estudos são necessários nesta área, já que, por exemplo o granito branco Micaela, o mais fino e homogéneo, teve o maior valor de ΔE^*_{ab} , (Gonçalves, 2010).

2.2.1.2 Espaço de cor L*C*h*

Qualquer cor representada no sistema L*a*b* pode ser alternativamente expressa em coordenadas cilíndricas, em vez das retangulares, originando o Espaço de cor L*C*h*.,(Hill, e Vorhagen, 1997). Neste, o L* indica a luminosidade, o c* indica o “croma” e o h* o ângulo da tonalidade. O ângulo de tonalidade avaliando em graus, inicia-se no +a* que representa a cor vermelha (se 0°), para +b a cor amarela (se 90°). Os atributos de croma (C^*_{ab} : saturação ou pureza da cor) e tonalidade (h_{ab} : refere-se à roda de cores) neste sistema são calculados através de (Schwiegerling, 2004):

$$C_{ab} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Equação 5}$$

$$h_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{a^*}{b^*} \right) \quad \text{Equação 6}$$



Apesar de útil, o Sistema CIELAB não é tão uniforme como desejado. Em particular em altos valores de “croma”, os resultados de diferenças de cores são muito altos em comparação com a percepção real da cor (Loo e Rigg, 1987). Tal fez com que, em 1994, fosse sugerido um aperfeiçoamento à fórmula (Alman 1993; CIE 1995):

$$\Delta E_{94}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}^*}{k_H S_H}\right)^2} \quad \text{Equação 7}$$

Onde ΔL^* , ΔC_{ab}^* , and ΔH_{ab}^* são as diferenças, definidas pelo CIE em 1976, entre a luminosidade, o “croma” e o ângulo, respectivamente; k_L , k_C , e k_H são fatores de correspondência da percepção das condições circundantes e S_L , S_C , e S_H são funções lineares de C_{ab}^* .



2.2.1.3 Avaliação da cor das rochas

Apesar de a cor ser uma propriedade estética de valor inestimável quando se seleciona um material para construção, é necessário ter em conta que a exposição ao ambiente altera esta propriedade. (Sanmartín *et al.*, 2011) Desta forma, é importante para a indústria transformadora e para os projetos arquitetónicos ter em consideração o “envelhecimento” natural da cor com a exposição ao ar livre, poluição atmosférica, etc. Este processo deve ser compreendido e monitorizado para que se forneçam informações concretas sobre o que é esperado para o futuro, (Benavente *et al.*, 2003).

Grossi *et al.* (2006), consideram que alterações na cor das rochas podem ser justificadas pelo grau de oxidação do cromóforo nos minerais e pelas suas concentrações. Um dos cromóforos poderosos das rochas é o ferro, sendo que quando este se encontra na forma férrica produz uma cor vermelho-acastanhado, enquanto a forma reduzida produz uma cor mais azul-preto. Quando exposto ao ambiente, ocorrem reações de oxidação que fazem com que o ferro ferroso passe a férrico, alterando, assim a cor da rocha. Por isso, as formas reduzidas mudam de cor rapidamente, enquanto as oxidadas permanecem geralmente estáveis durante a exposição ao ar livre.

As alterações cromáticas podem ser esteticamente desejáveis, contudo podem tornar-se desagradáveis. Essas transformações, que podem ser causadas quer por iatrogenia quer por alterações dos próprios constituintes da rocha, podem apresentar um potencial de reversão pelo que o termo descoloração (que representa, normalmente, um estado irreversível) deve ser cuidadosamente aplicado (Grossi *et al.*, 2006).

A rugosidade da superfície da rocha, acabamentos e agentes de meteorização podem modificar a cor, principalmente a luminosidade e “croma”, mas não parecem exercer um efeito



preponderante na tonalidade. Os tratamentos de uma rocha realizados pela indústria podem implicar uma alteração da cor da rocha. Usualmente, os tratamentos de proteção orgânica resultam numa diminuição do valor de L^* e aumento de b^* , embora também possa alterar a^* . O decaimento natural depende da reatividade biológica da rocha, do clima e dos microrganismos envolvidos. Altas temperaturas podem alterar o atributo a^* por reações que envolvem o ferro. Testes de nevoeiro salino mostram que há um embranquecimento das rochas durante a exposição a este ambiente, (Grossi *et al.*, 2007)

Samartin *et al.* (2011) e Benavente *et al.* (2003), afirmam que o brilho e polimento podem influenciar a cor, bem como as variações da rugosidade. De acordo com os primeiros autores, a cor e a luminosidade são inversamente relacionadas em superfícies lisas e diretamente relacionadas em superfícies rugosas. Assim, objetos de alto croma são particularmente afetados por alterações de brilho, enquanto os de alta luminosidade não o são, sendo que este facto pode ser atribuído à componente especular da luz que é refletida seletivamente. A componente especular contribui de menor forma do que a componente difusa para a “diluição” da luz refletida no objeto. Consequentemente as amostras que têm uma superfície rugosa e, portanto, maior componente especular, com menos “diluição” têm maior percepção cromática. Em qualquer caso, não há mudança no tom, porque as estruturas dos compostos cromóforos da amostra permanecem constantes, sem quaisquer alterações nas transições na banda visível. O polimento é também um processo com impacto significativo na cor das rochas ornamentais. No processo de polimento, há uma diminuição da rugosidade da rocha, sem que haja reações químicas no cromóforo. A compreensão da rugosidade e as mudanças de cor no processo de polimento podem ser aplicadas para avaliação dos efeitos sobre a rocha quando a mesma se encontra em situações de meteorização. Portanto, a mudança de cor observada neste processo pode ser atribuída à rugosidade da superfície da rocha.



Alguns autores debruçam-se sobre as alterações colorimétricas do material rochoso. As diferenças de cor são frequentemente medidas com recurso aos sistemas CIELAB e CIE LCH, porque estes apresentam melhor sensibilidade humana à cor do que outros sistemas descritos para expressão da cor. As mudanças no C^* e h são valores mais sensíveis às alterações no a^* ou b^* , dependendo da cor original do material. A título de exemplo, um edifício com uma fachada amarelada, tem valores de b^* muito mais elevados que a^* . Neste caso, C^* é fortemente influenciado pela coordenada b^* , sendo que h é muito sensível a alterações em a^* (Grossi *et al.*, 2007).



3. Transformação de granito

O presente capítulo tem como objetivo explicar como foram obtidas as amostras que foram utilizadas para a realização desta dissertação. Para tal é necessário perceber a cadeia de transformação do granito. Segundo (Campos H., 2003) os diferentes produtos de rochas ornamentais podem ser divididos nos seguintes grupos:

- Material bruto
- Material semiacabado
- Material acabado

3.1. Material bruto

De forma muito genérica o material bruto pode ser classificado como blocos de forma regular, ou irregular, extraídos das pedreiras. Segundo L. Sousa, (2012) extração de granito nas pedreiras pode ser realizada das seguintes formas:

Extração Mecânica: Este método de extração foi o primeiro que o Homem utilizou para fragmentar maciços rochosos em pedaços com tamanho suficiente para ser utilizado na aplicação ou transformação. Na antiguidade eram utilizadas cunhas (de madeira e posteriormente metal) em buracos perfurados manualmente. Massas com alguns quilogramas de peso (como marretas) eram percutidas nas cunhas, permitindo assim a extração de rochas.

Atualmente, na extração mecânica de granito, são utilizadas máquinas que utilizam fio diamantado composto por um cabo de aço galvanizado flexível, com diâmetro interno de 5 mm,



sobre o qual são colocadas pérolas diamantadas com cerca de 11 mm de diâmetro, separadas por segmentos de borracha, plásticas ou molas.

As principais vantagens desta técnica são:

- Conservação da integridade física da rocha;
- Espessura média de corte reduzida (apenas 10 mm);
- Elevadas velocidades de corte;
- Menores custos do que as técnicas tradicionais;
- Melhor relação custo-benefício;
- Vestalidade em operar sobre diversas condições;
- Menor impacto ambiental;



Figura 10 - Extração mecânica em pedreiras (Internet 5)



Extração de Granito com explosivos: A evolução tecnológica e a descoberta de explosivos, associada a necessidade de aumentar a produção conduziram ao desenvolvimento das técnicas de corte utilizando explosivos. De modo a utilizar o método de extração recorrendo a explosivos é necessário realizar furos verticais e horizontais, geralmente com diâmetro de 32 mm para a colocação de explosivos. As ondas de choque e os gases libertados na detonação dos explosivos, fratura as rochas, pois as ondas de choque propagam-se em todas as direções e criam um campo de tensões originando a fissuração da rocha. Este método de extração de granito consiste nas seguintes intervenções sequenciais: delimitar um grande maciço rochoso usando uma perfuração primária, subdividir o grande maciço inicialmente delimitado utilizando uma perfuração secundária e produção de blocos comerciais utilizando o esquadrejamento.



Figura 11 - Extração com explosivos em pedreiras (Internet 6)

3.2. Material semiacabado

O material classificado é dividido em blocos esquartejados e chapa.

Serragem do granito: o processo de serragem é realizado num tear mecânico (vulgarmente conhecido como engenho multi-lâmina). Neste dispositivo são colocados blocos que são cortados através de um movimento horizontal de vai e vem, com velocidade constante, e um movimento descensional das lâminas na qual é definida uma velocidade variável determinada pelo utilizador. Neste processo é indispensável um sistema de dispersão de água pelas lâminas servindo este para refrigeração, espalhamento e para remover os detritos da zona de corte, (Frazão, 2015). Este é o acabamento mais económico, sendo que a superfície resultante nem é lisa, nem completamente antiderrapante, tornando-a adequada para pavimentação exterior.

Após a serragem do granito pode ser aplicado um acabamento superficial. De seguida apresenta-se a caracterização de alguns acabamentos superficiais utilizados na indústria.

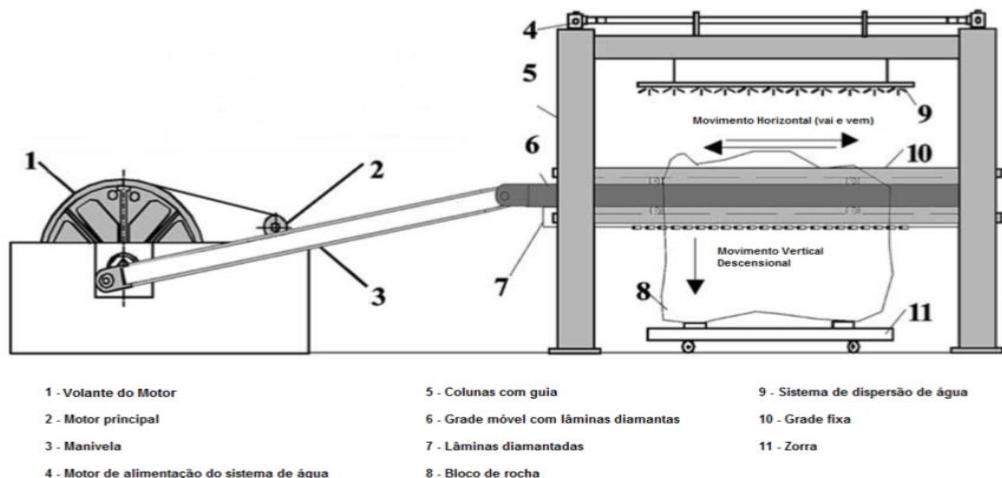


Figura 12 – Esquema representativo de um engenho multi-lâmina (Frazão, 2015)

Polido: O polimento é um tratamento superficial muito utilizado no granito pois destaca as cores e texturas petrográficas. O processo de polimento é realizado com abrasivos de diferentes rugosidades (na empresa Transgranitos utilizam abrasivos sequencias que variam de forma decrescente na sua granulometria – 120, 220, 320, 400, 1200 e lustro). Durante este processo geralmente ocorre o fechar de poros na rocha pois os vazios existentes são preenchidos com o material triturado. Este processo torna o material mais resistente a agressões externas pois reduz a capacidade de absorção da água. O resultado deste tratamento é uma superfície lisa e brilhante, com um tom visivelmente mais escuro do que o obtido com outros tratamentos, (Rojo *et al.*, 2003 – Pietro, B. *et al.* 2011).

Este tipo de acabamento permite exibir a coloração original do material transmitindo assim a nobreza e requinte, revelando toda a beleza e estética da pedra natural.



Figura 13 – Abrasivos utilizados no polimento e amaciamento de rochas (Fotografia do Autor)



Amaciado: O processo de amaciado de uma rocha ornamental é muito semelhante ao polimento sendo que a principal diferença é esta não adquirir brilho (este acabamento superficial também é realizado nas polidoras). Para realizar este acabamento são utilizados os mesmos abrasivos que no polimento com a diferença de não se utilizar o abrasivo que dá o lustro (Pietro, B. *et al.* 2011).

Este acabamento dá origem a uma superfície suave, lisa e plana, que mostra a verdadeira coloração dos materiais sem o brilho e o pormenor do acabamento polido.



Figura 14 – Polidora de Granito (Internet 7)

Flamejado: o flamejamento é realizado aquecendo a superfície serrada com um maçarico, utilizando uma mistura de gás propano e oxigénio. O choque térmico faz com que alguns grãos minerais sejam eliminados da superfície. O resultado é uma superfície áspera com uma aparência vítreia. Este acabamento tem algumas limitações pois a sua utilização em granitos acastanhados ou amarelados (os granitos têm este aspeto devido a presença de minerais ferrosos) faz com que alterem o aspeto da superfície de forma heterogénia, como resultado de reações químicas. (Pietro, B. *et al.* 2011).

Este acabamento é único nos efeitos que produz pois, torna as superfícies antiderrapantes ao mesmo tempo que atenua a coloração original do material, dando-lhe diversas variações.



Figura 15 – Flamejadora de Granito (Fotografia do Autor)



Granulado: para realizar o granulamento são utilizadas esferas de aço que são projetadas na superfície da pedra. O grau de granulamento varia com vários fatores:

- Diâmetro das esferas de aço;
- Velocidade de ataque das esferas de aço;
- Avanço da chapa na granuladora.

Este acabamento permite a obtenção de superfícies rugosas, sendo o material resultante utilizado sobretudo em revestimentos exteriores. (Sousa, L. 2012)



Figura 16 – Granuladora de Granito (Fotografia do Autor)



3.3. Material acabado

A finalizar a cadeia de transformação do granito temos o material acabado (como por exemplo as peças de cantaria, soleiras, peitoris, ladrilho, revestimento de fachadas, etc).



4. Estudo das propriedades físicas do granito Branco Micaela

4.1. Caracterização do granito “Branco Micaela”.

Para a realização desta dissertação selecionou-se o Granito “Branco Micaela”. Este caracteriza-se por ter uma tonalidade clara e acinzentada sendo o escolhido para a elaboração deste trabalho devido ao interesse comercial da empresa Transgranitos, mas também pela facilidade que existe na obtenção de amostras e na ampla utilização deste produto.

A pedreira de onde é extraído o granito Branco Micaela localiza-se na freguesia de Carapito (lugar de Rei Mouro), no concelho de Aguiar da Beira, distrito da Guarda. (Gonçalves *et al.* 2019) (Figura 17)

Em seguida é apresentada a caracterização do granito Branco Micaela. Os dados foram retirados do ensaio laboratorial Nº LGA134-182-EN (Anexo 1) solicitado pela empresa Transgranitos 2013 ao laboratório TUV Rheinland LGA Bautechnic GmbH.



Figura 17 - Imagem de satélite da pedreira do Granito Branco Micaela (pedreira pertencente à empresa Transgranitos)
Coordenadas: 40°45'46.2"N 7°29'14.8"W (FONTE: Internet 8)



Descrição Macroscópica:

O granito “Branco Micaela” é um granito cinzento, homogéneo e de cor clara, com pequenos pontos pretos uniformemente distribuídos. Nas superfícies de corte serrado podem distinguir-se grãos com tamanho e cor diferente fazendo com que a rocha apresente uma distribuição de cores não homogénea. As amostras analisadas consistiam em: cristais branco-amarelados xenomórficos de feldspato alcalino (macroscopicamente não distinguíveis), plagioclase (tamanho 1 a 4 mm), agregados xenomórficos de quartzo cinza escuro (tamanho 1 a 5 mm), cristais idiomórficos tubulares de mica preta (biotite: tamanho 0,5 a 1,5 mm) e mica branca (muscovite: tamanho 0,5 a 2 mm). Além disso, surgem agregados de mica preta, podendo ter um formato irregular ameboide (tamanho até 5 mm) ou alongados (comprimento de 10 mm, largura de 1 mm). A mica preta mostra localmente alguma alteração para a cor avermelhada. A goethita, levemente amarelada, pode ser observada em agregados de mica preta. (Anexo 1)

A rocha é de grão fino a médio (tamanho de grão de 0,5 a 3 mm), com alguns feldspatos de granulação mais volumosa (tamanho de grão até 5 mm) e, portanto, mostra uma tendência para o inequigranular (porfirítica). A maior parte da amostra não apresenta uma orientação dominante dos minerais, mas os cristais de mica preta tendem a ter um arranjo quase paralelo com outras direções de orientação estando localmente presentes. (Anexo 1)

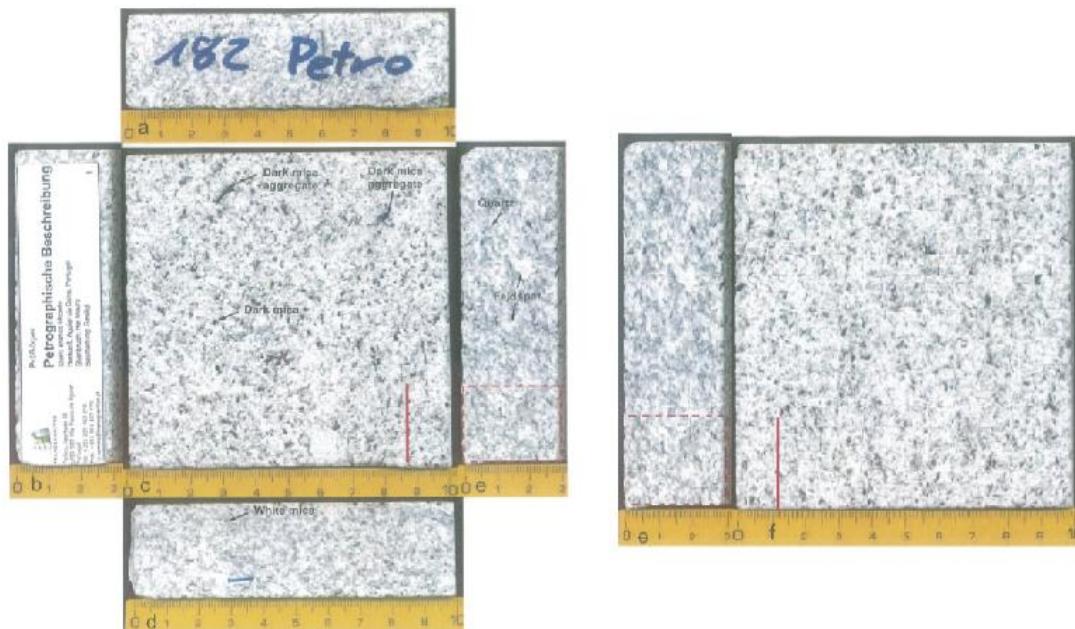


Figura 18 - Amostra utilizada no ensaio laboratorial (FONTE: LGA136-182-EN)

Descrição Microscópica:

O granito Branco Micaela é constituído essencialmente por quartzo, feldspato, plagioclase, muscovite, hematite, apatite, zircônica e carbonato.

Tabela 1 - Constituintes do granito Branco Micaela (Anexo 1)

Mineral	Quantidade Volumétrica (estimada) [Volume - %]	Quantidade Volumétrica média (estimada) [%]
Quartzo	30 - 40	35
Feldspato Alcalino	15 - 25	20
Plagioclase	30 - 40	35
Mica Preta (Biotite)	1 - 3	2
Mica Branca (Muscovite)	5 - 10	7.5
Hematite	0.2	0.2
Acessórios (Apatite, Zirconita)	0.2	0.2
Carbonato	0.1	0.1



Figura 19 – Fotomicrografia em microscopia de polarização (FONTE: LGA136-182-EN)



Textura: O granito Branco Micaela possui uma variação interna de tamanho de grão.

Entre os cristais de grande dimensão de feldspato alcalino, plagióclase e os agregados quartzo de grão grosso, os espaços intraestatais (tamanho 2 a 3 mm) são preenchidos com feldspatos de alcalino, plagióclase, mica preta e mica branca relativamente mais finos.

Estado Microfissural: A rocha mostra sinais tanto de deformação elástica como plástica. A deformação elástica ocorre com a dobra de lamelas duplas de plagióclase e de mica preta. A deformação plástica está presente nas fraturas mineralógicas ou pelo ver paragrafo alargamento do espaço intergranular. Tanto as fraturas quanto o espaço intergranular podem ser preenchidas com mica branca ou com carbonatos.

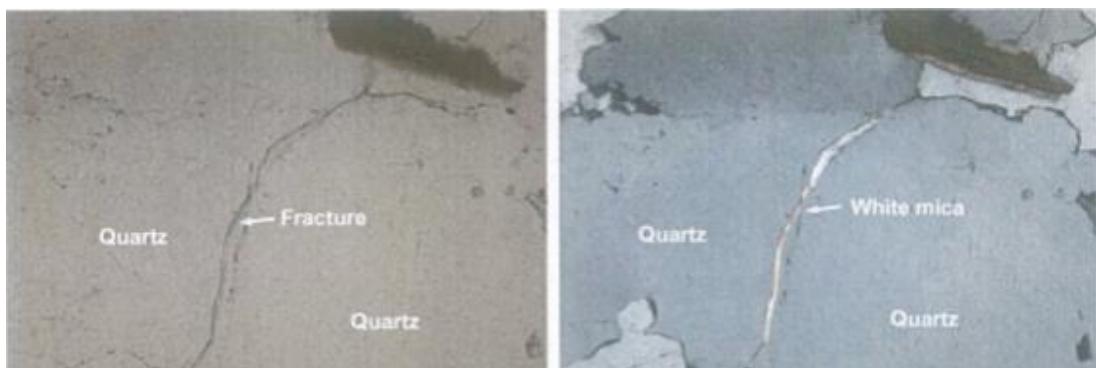


Figura 20 - Mica branca a preencher uma fratura plástica no quartzo (FONTE: LGA136-182-EN)a



Figura 21 - Mica branca a preencher o espaço intergranular entre dois cristais de quartzo (FONTE: LGA136-182-EN)

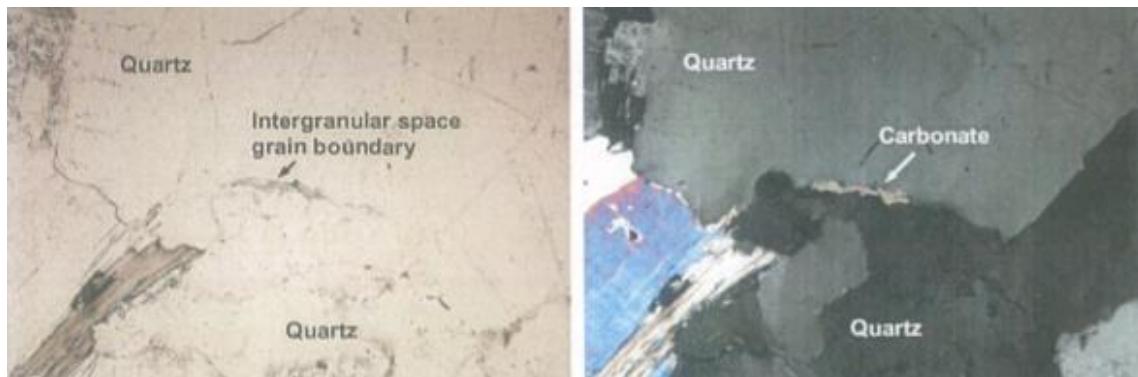


Figura 22 - Carbonato a preencher o espaço intergranular entre os cristais de quartzo (FONTE: LGA136-182-EN)

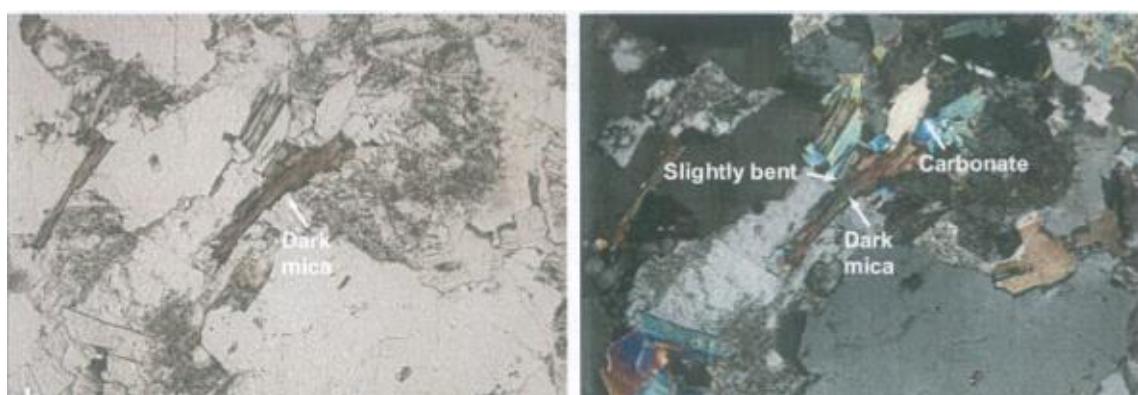


Figura 23 - Mica Branca com uma ligeira deformação elástica (FONTE: LGA136-182-EN)



4.2. Obtenção das amostras

De modo a obter as amostras que foram utilizadas neste estudo foi necessária a colaboração da empresa Transgranitos. Na Tabela 2 estão especificados os equipamentos que permitiram a elaboração das amostras.

Tabela 2 – Equipamentos utilizados para a obtenção das amostras

Acabamento	Equipamento utilizado
Polido	Polidora Gaspari Menotti PGM 2200
Amaciado	Polidora Gaspari Menotti PGM 2200
Granulado	Granalhadora D2 Technology Ntor
Flamejado	Flamejadora NODOSAFER N.1263
Serrado	Engenho Gaspari Menotti JS450/420



4.3. Metodologia dos ensaios

De modo a proceder a realização dos ensaios laboratoriais foram produzidos cerca de 5 provetes para cada acabamento superficial utilizado, numerados de 1 a 5, como se pode ver na Figura 28, sendo as dimensões de cada provete $20\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 3\text{ cm}$.

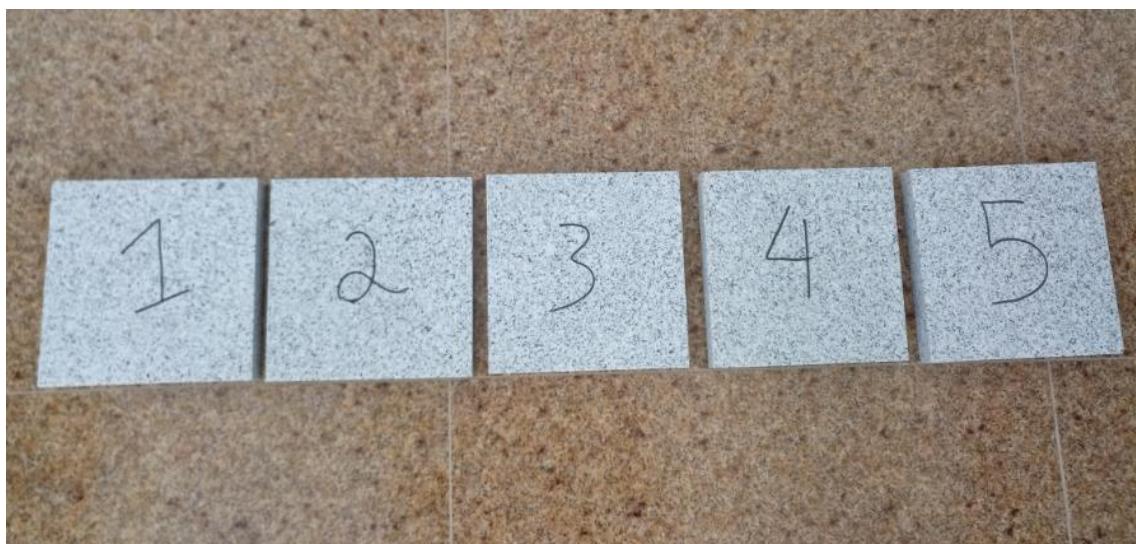


Figura 24 - Numeração dos provetes de granito (Fotografia do Autor)

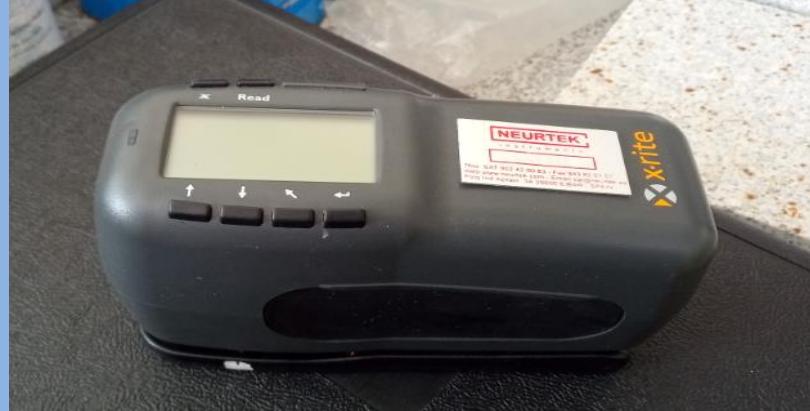
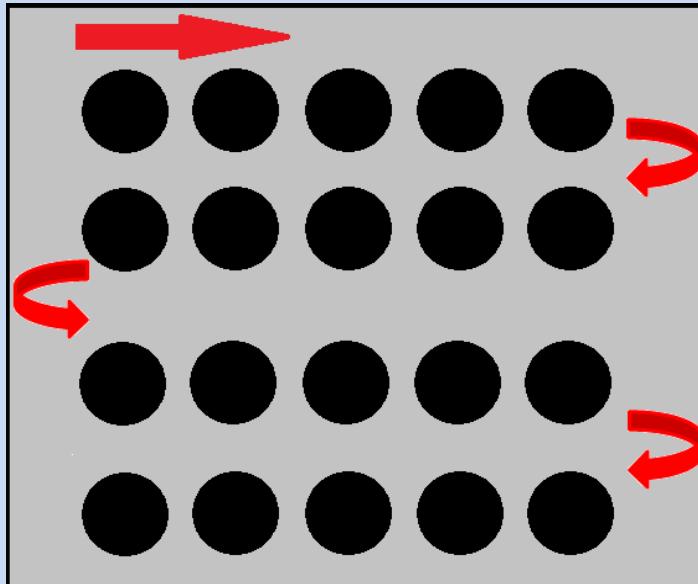


4.3.1. Determinação da cor:

A cor do granito estudado foi determinada através do uso do colorímetro X-Rite 360, com geometria 45/0, utilizando o iluminante D65, uma abertura de 8 mm, por ser utilizada em estudos similares (Grossi *et al.*, 2006), sendo que os resultados serão expressos no sistema CIELAB. Foram realizadas cerca de 20 medições em cada provete, sempre realizadas pelo mesmo operador, respeitando o método de recolha que se pode observar na Tabela 3. Com o colorímetro X-Rite 360 calibrado foram efetuadas 20 medições. No final é exibida, no display do equipamento, a média dos resultados.



Tabela 3 – Colorímetro X-Rite 360

Aparelho de Medição		
Colorímetro X-Rite 360		
		
Características Técnicas		
Geometria	Iluminante	Diâmetro de abertura
45/0	D65	8mm
	Iluminação solar na Europa Ocidental/Norte por volta das 12h	
Representação da recolha de dados		
		



4.3.2. Determinação do brilho:

O brilho do granito estudado foi determinado através do uso do brilhómetro Novo-Gloss Trio (Rhopoint Instruments), utilizando as geometrias de 20°, 60° e 85°, realizando cerca de 20 medições em cada provete. Estas foram sempre realizadas pelo mesmo operador, respeitando o método de recolha que se pode observar na Tabela 4. Este equipamento obedece a várias normas de ensaio (como por exemplo a DIN EN, ISSO 2813, ASTM D2457, etc). Os dados foram retirados um a um e no final foi feito um estudo estatístico. Após a recolha de 10 resultados o aparelho foi novamente calibrado. Segundo os dados do fabricante o erro de medição é 0,5% (o que ajuda a explicar os resultados negativos).



Tabela 4 – Brilhómetro Novo-Gloss Trio

Aparelho de medição	
Brilhómetro Novo-Gloss Trio	
Representação da recolha de dados	



4.3.3. Amostras molhadas

De modo a obter as amostras molhadas para a recolha de dados, estas foram colocadas em recipientes com água onde pernoitaram submersas. No dia seguinte foi analisada a cor ou o brilho, sendo recolhidos 10 resultados. Repetiu-se este procedimento até a obtenção da totalidade dos dados. A recolha destes dados demorou cerca de quatro dias; dois dias para a obtenção dos dados relativos à cor e dois para os dados relativos ao brilho.



Figura 25- Obtenção das Amostras Molhadas



4.4. Análise e Discussão dos resultados

Os resultados obtidos através do uso do colorímetro e do brilhómetro podem ser consultados no anexo 2 e 3. O tratamento de dados foi realizado através do uso do *software* Microsoft Excel 2016.

Nas imagens que se seguem estão fotografias que demonstram as amostras utilizadas na obtenção dos dados.



Figura 26 – Amostra Polida seca (á esquerda) e molhada (á direita)



Figura 27 – Amostra Amaciada seca (á esquerda) e molhada (á direita)



Figura 28 - Amostra Granalhada seca (á esquerda) e molhada (á direita)



Figura 29 – Amostra Flamejada seca (á esquerda) e molhada (á direita)



Figura 30 – Amostra Serrada seca (á esquerda) e molhada (á direita)



4.5. Validação de resultados

De modo a validar os resultados obtidos com o brilhómetro foi realizado um estudo estatístico com o objetivo de verificar se os resultados respeitam a distribuição gaussiana. Esta análise permitiu verificar que o processo de obtenção de amostras consegue gerar resultados semelhantes. Os dados que se seguem servem para validar o processo de obtenção de dados sendo que para tal a variável analisada foi o desvio padrão. Esta medida expressa o grau de dispersão de um conjunto de dados – estima o quanto, em média, cada valor se distancia da própria média aritmética de uma distribuição. (Internet 9)

4.5.1. Resultados a seco

A Figura 35 mostra a frequência do brilho e o desvio padrão para o ângulo de incidência de 20° e 60°, para as amostras polidas secas, e 85° (para as amostras polidas secas e amaciadas secas). Para o ângulo de 20° nas amostras polidas secas o valor médio é de 58,11 e o desvio padrão é de 3,53; para o ângulo de 60°, nas amostras polidas secas o valor médio é de 69,98 e o desvio padrão é de 2,68; para o ângulo de 85° nas amostras polidas secas o valor médio é de 84,44 e o desvio padrão é de 2,08. No caso das amostras amaciadas secas para o ângulo de incidência de 85°, o valor médio é de 21,25 e o desvio padrão é de 1,49;

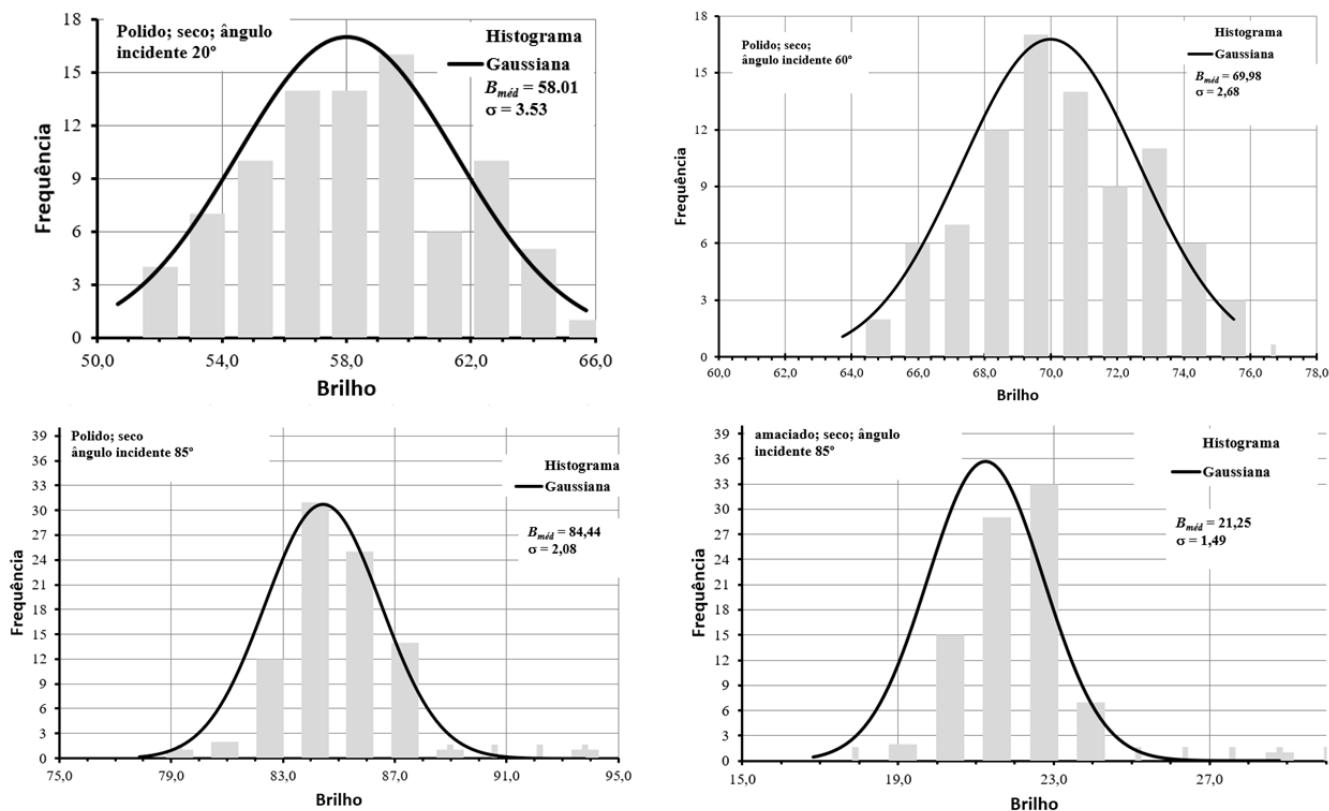


Figura 31 – Histograma Gaussiana para amostras polidas secas com um ângulo incidente de 20° (em cima à esquerda), amostras polidas secas com um ângulo incidente de 60° (em cima à direita), amostras polidas secas com um ângulo incidente de 85° (em baixo à esquerda), amostras amaciadas secas com um ângulo incidente de 85° (em baixo à direita)

4.5.2. Resultados a molhado

A Figura 36 mostra a frequência do brilho e o desvio padrão para o ângulo de incidência de 20°, 60° e 85° para as amostras polidas secas e amaciadas secas. Para o ângulo de 20°, nas amostras polidas secas, o valor médio é de 37,41 e o desvio padrão é de 4,24; para o ângulo de 60°, nas amostras polidas secas, o valor médio é de 57,71 e o desvio padrão é de 2,94; para o ângulo de 85°, nas amostras polidas secas, o valor médio é de 77,82 e o desvio padrão é de 5,44. No caso das amostras amaciadas secas, para o ângulo de incidência de 20° o valor médio é de 31,43 e o desvio padrão é de 4,70; quando o ângulo de incidência é de 60° o valor médio é de 55,40 e o desvio padrão é de 1,44; e quando o ângulo de incidência é de 85° o valor médio é de 80,47 e o desvio padrão é de 3,29.

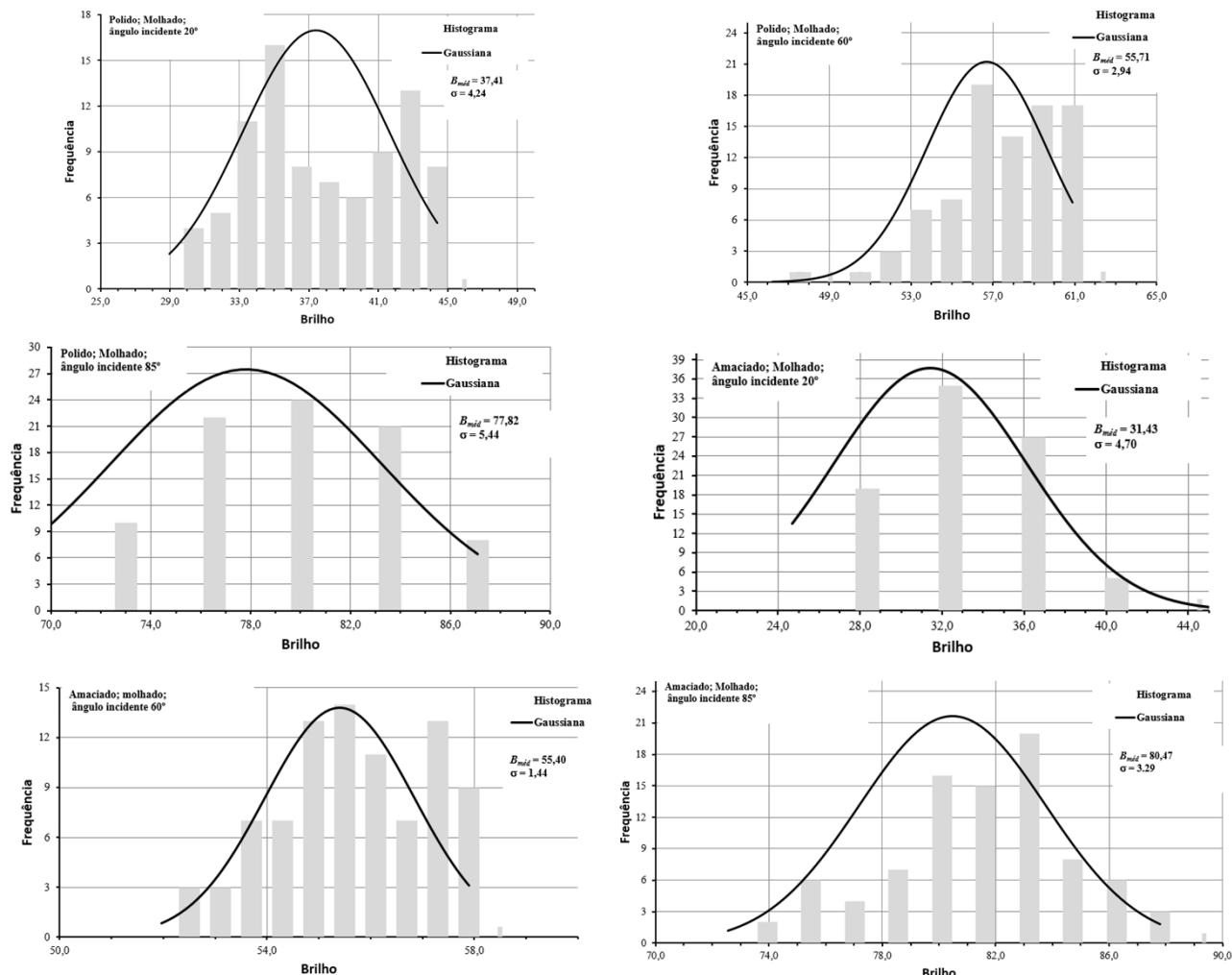


Figura 32 - Histograma Gaussiana para amostras polidas molhadas com um ângulo incidente de 20° (em cima à esquerda), amostras polidas molhadas com um ângulo incidente de 60° (em cima à direita), amostras polidas molhadas com um ângulo incidente de 85° (no meio à direita), amostras amaciadas molhadas com um ângulo incidente de 20° (no meio à esquerda), amostras amaciadas molhadas com um ângulo incidente de 60° (em baixo à esquerda), amostras amaciadas molhadas com um ângulo incidente de 85° (em baixo à direita)

4.6. Análise microscópica

De forma a perceber as diferenças entre as amostras, a nível microscópico, estas foram analisadas no microscópio ótico Zeiss Axioscope no Laboratório de Materiais da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

As amostras polidas foram observadas no microscópio ótico até uma ampliação de 200x. Como se pode observar na Figura 37 o acabamento polido apresenta uma superfície lisa (devido ao facto de este acabamento permitir o fechar de poros). Tal como no ensaio laboratorial pedido pela Transgranitos (Anexo 1), conseguimos observar fissuras preenchidas com mica branca entre os grãos de quartzo.



Figura 33 – Imagem microscópica de amostras polidas para uma ampliação de 50 x (a), 100 x (b) e 200 x (c)



Figura 34 – Imagem microscópica de amostras amaciadas para uma ampliação de 50 x (a), 100 x (b) e 200 x (c)



As amostras amaciadas foram observadas no microscópio até uma ampliação de 200x.

A observação destas amostras permite verificar a existência de uma superfície ligeiramente rugosa, com a existência de diferentes níveis entre os constituintes deste granito, como se pode constatar pela dificuldade de focagem de zonas contíguas. (Figura 38)

As amostras granalhadas foram observadas no microscópio apenas para uma ampliação de 50x. A observação destas amostras mostrou-se difícil, neste equipamento, pois sendo a superfície bastante rugosa torna difícil a focagem. Contudo as observações permitem observar o estilhaçar dos vários constituintes do granito. (Figura 39)



Figura 35 - Imagem microscópica de amostras granalhadas para uma ampliação de 50 x (a, b, c)



Figura 36 - Imagem microscópica de amostras flamejadas para uma ampliação de 50 x (a, b) e 100 x (c)

As amostras flamejadas foram observadas para ampliações de 50 e 100x. A observação desta amostra foi difícil pois, sendo uma superfície bastante rugosa, torna difícil a focagem dos diferentes constituintes em simultâneo. Contudo, as observações permitem observar o estilhaçar de alguns elementos (quartzo), sendo que os elementos mais escuros (mica preta) sobressaem neste acabamento. (Figura 40)

As amostras serradas foram observadas no para ampliações de 50 e 100x. Embora seja um material ligeiramente rugoso foi possível observá-las com relativa facilidade. (Figura 41)



Figura 37 - Imagem microscópica de amostras serradas para uma ampliação de 50 x (a, b) e 100 x (c)

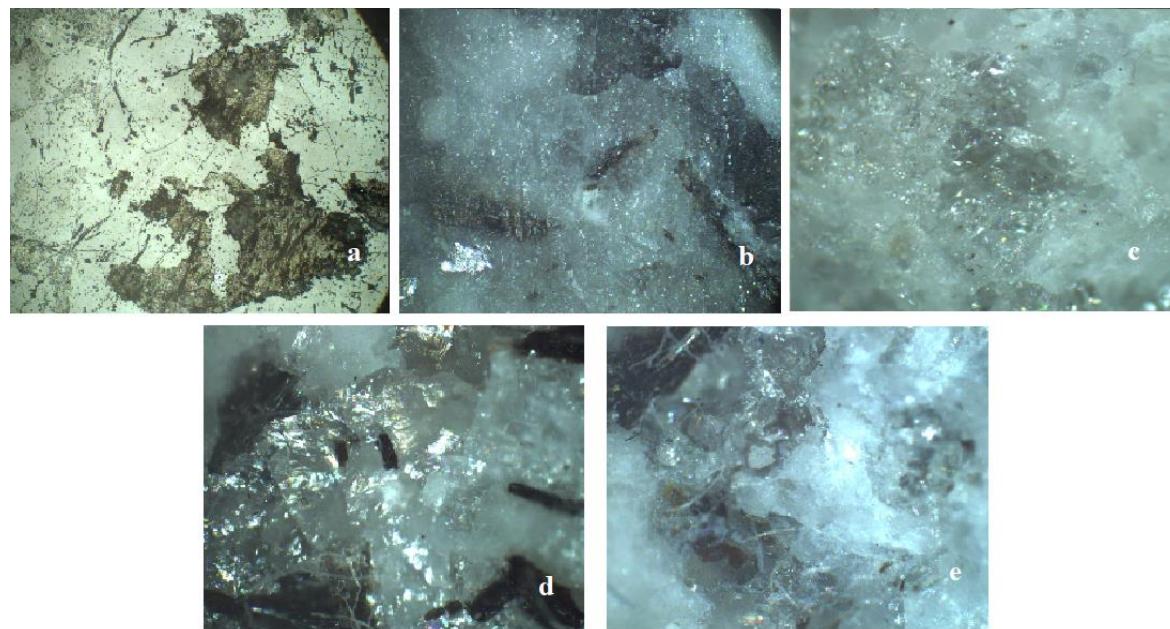


Figura 38 - Imagem microscópica de amostras polida (a), amaciada (b), granalhada (c), flamejada (d) e serrada (e) para uma ampliação de 50x

Através da Figura 42 pode observar-se que os acabamentos polido, amaciado e serrado aparentam ser menos ásperos que os acabamentos flamejado e granalhado. Isto acontece, pois, a observação destes acabamentos ao microscópio foi mais complicada dada a dificuldade de focar (muito se deve ao facto de os elementos constituintes da rocha estarem em planos de focagem diferente).

De referir que as principais diferenças microscópicas entre o acabamento granalhado e flamejado são a quantidade de mica preta presente, sendo que no acabamento granalhado esta existe em menor quantidade dado ao fragmentar provocado pela granalha de aço.



4.7. Discussão dos resultados

4.7.1. Resultados a seco

Cor: Como se pode observar na Figura 43 relativamente a este aspeto físico verifica-se que não existem alterações significativas nos parâmetros ***a** e ***b** independentemente do acabamento utilizado. Contudo, como mostra a Figura 44 o parâmetro ***L** sofre uma grande variação (sendo esta possível de observar a olho nu). Conclui-se que o acabamento superficial polido é o mais escuro e o granulado é o mais claro. Pode resumir-se a análise da cor da seguinte forma (do mais escuro para o mais claro):

Polido < Amaciado < Serrado < Flamejado < Granulado



Figura 39 – Valores médios para o Parâmetro **a** e **b** obtidos nos ensaios laboratoriais.



Figura 40 - Valores para o Parâmetro L obtidos nos ensaios laboratoriais.

Os resultados adquiridos neste estudo referentes á cor vão de encontro aos dados que Pietro *et al.* (2011) obtiveram. Uma vez que a variação dos parâmetros $*a$ e $*b$ são basicamente inexistentes optou-se por apresentar na Tabela 5 a comparação dos dois materiais (de forma a validar os resultados).

Tabela 5 – Variação do parâmetro L no granito Branco Micaela e Grissal.

	Granito Branco Micaela	Granito Grissal
Polido	64.98	62.5 ± 1.4
Amaciado	69.81	67.1 ± 1.4
Serrado	70	66.5 ± 1
Flamejado	73.10	71.3

*Nos estudos realizados não abordaram o acabamento granalhado



Brilho: Relativamente a este parâmetro físico verifica-se que apenas o acabamento polido (para 20° - superfícies com alto brilho, 60° - superfícies com brilho intermédio e 85° - superfícies com baixo brilho -mate) e amaciado (apenas para o caso de 85°- superfícies com baixo brilho -mate), apresentam brilho. Para os acabamentos granulado, flamejado e serrado o brilho é basicamente inexistente. Os resultados negativos que surgem nas medições estão relacionados com o erro do aparelho – uma vez que não existe brilho associado os valores são nulos.

Na Tabela 6 pode observar-se como variam os parâmetros mediante o ângulo de incidência utilizado.

Tabela 6 – Média dos resultados obtidos para o brilho para as amostras secas

	Parâmetros de brilho			
	20°	60°	85°	
Acabamento Superficial	Polido	58,01	69,98	84,44
	Amaciado	-	-	21,52

Os resultados deste parâmetro não podem ser comparados com os que Pietro et al (2013) utilizaram no seu estudo devido as diferenças de equipamentos. Pietro et al (2013) utilizaram um espectrómetro para a verificação de brilho. No presente estudo foi utilizado um brilhómetro – a recolha de dados é realizada de forma diferente. Os resultados obtidos para o brilho das amostras polidas neste estudo são superiores aos que Gonçalves et al. (2013) obtiveram na análise de granito Branco Micaela polido, tal como se pode notar na Tabela 7. Tal deve-se aos esforços que a empresa Transgranitos tem feito ao longo do tempo para melhorar a qualidade do polimento dos seus materiais (como a alteração de abrasivos, melhor caibramento da polidora, etc.)



Tabela 7 – Comparação dos parâmetros de brilho entre os dados obtidos no presente estudo e o trabalho realizado por Gonçalves *et al* 2013

	Parâmetros de brilho		
	20°	60°	85°
Dados obtidos no presente estudo	58,01	69,98	84,44
Dados obtidos por Gonçalves <i>et al.</i> 2013	40,8	56,9	83,7

4.7.2. Resultados a molhado

Cor: Como se pode observar na Figura 45 relativamente a este aspeto físico verifica-se que não existem alterações significativas nos parâmetros ***a** e ***b** independentemente do acabamento utilizado. Contudo, como mostra a Figura 46, verifica-se que quando as amostras estão molhadas são bastante semelhantes. Conclui-se que o acabamento superficial serrado é o mais escuro e o flamejado é o mais claro. Pode resumir-se a análise da cor da seguinte forma (do mais escuro para o mais claro):

Serrado < Polido < Granulado < Amaciado < Flamejado

Nos gráficos que se seguem podem verificar-se como variam os parâmetros mediante o acabamento superficial utilizado.

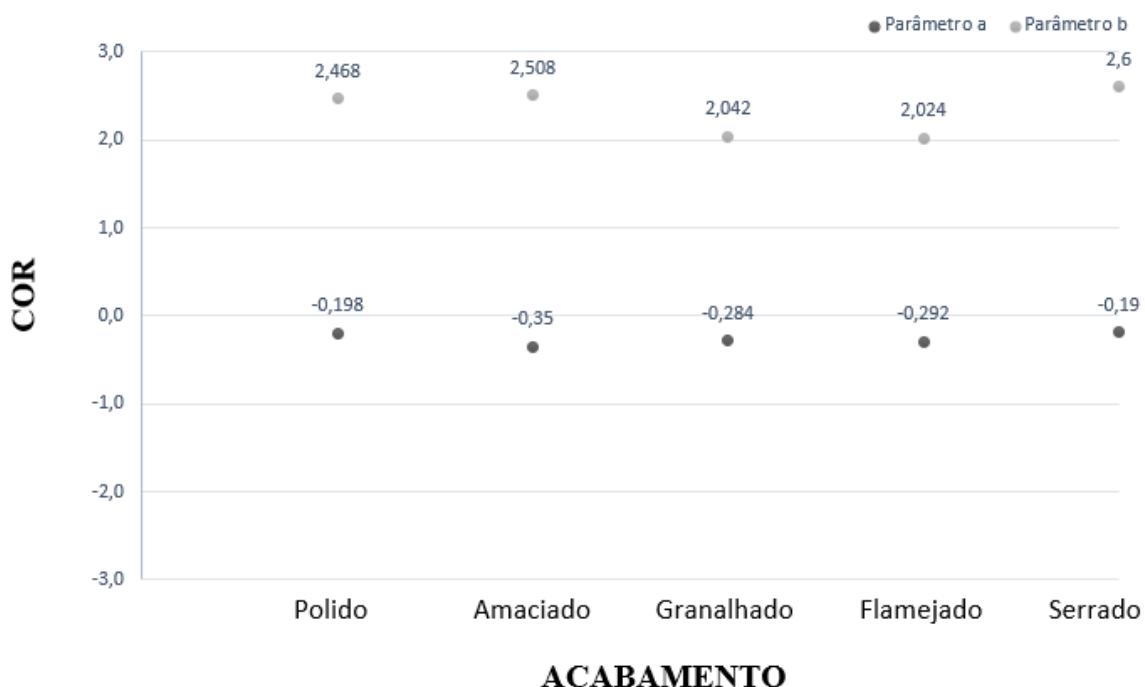


Figura 41 – Valores médios para o Parâmetro a e b obtidos nos ensaios laboratoriais.



Figura 42 - Valores para o Parâmetro L obtidos nos ensaios laboratoriais.

Brilho: Relativamente a este parâmetro físico verifica-se que apenas o acabamento polido e amaciado (para 20° - superfícies com alto brilho, 60° - superfícies com brilho intermédio e 85° - superfícies com baixo brilho -mate) apresentam brilho. Para os acabamentos granalhado, flamejado e serrado o brilho é basicamente inexistente. Os resultados negativos que surgem nas medições estão relacionados com o erro do aparelho – uma vez que não existe brilho associado os valores são nulos. Verifica-se que as amostras polidas e amaciadas, quando sujeitas a água, apresentam um brilho semelhante. Na Tabela 8 que se segue podem verificar-se como variam os parâmetros mediante o ângulo de incidência utilizado.



Tabela 8 - Média dos resultados obtidos para o brilho para as amostras molhadas

		Parâmetros de brilho		
		20°	60°	85°
Acabamento Superficial	Polido	37,41	56,71	77,82
	Amaciado	31,43	55,40	80,47

Apesar de várias tentativas para encontrar estudos onde fossem analisadas a influência da cor e do brilho quando superfícies estão em contacto com a água, tal mostrou-se infrutífero. Como tal, podemos concluir que estamos perante um estudo pioneiro.



4.7.3. Resultados a seco vs molhado

Na imagem que se seguem podem verificar-se as alterações que ocorrem quando molhamos as amostras.



Figura 43 - Amostras Secas (á esquerda) e molhadas (á direita)

Cor: Como se pode observar na Figura 48 e na Figura 49 relativamente a este aspecto físico verifica-se que não existem diferenças significativas nos parâmetros ***a** e ***b** quando estas estão secas ou molhadas. Quanto ao parâmetro **L** verifica-se que as amostras molhadas são mais escuras do que as secas, sendo que as diferenças são mais acentuadas nos acabamentos flamejado, granalhado e serrado, Figura 50.

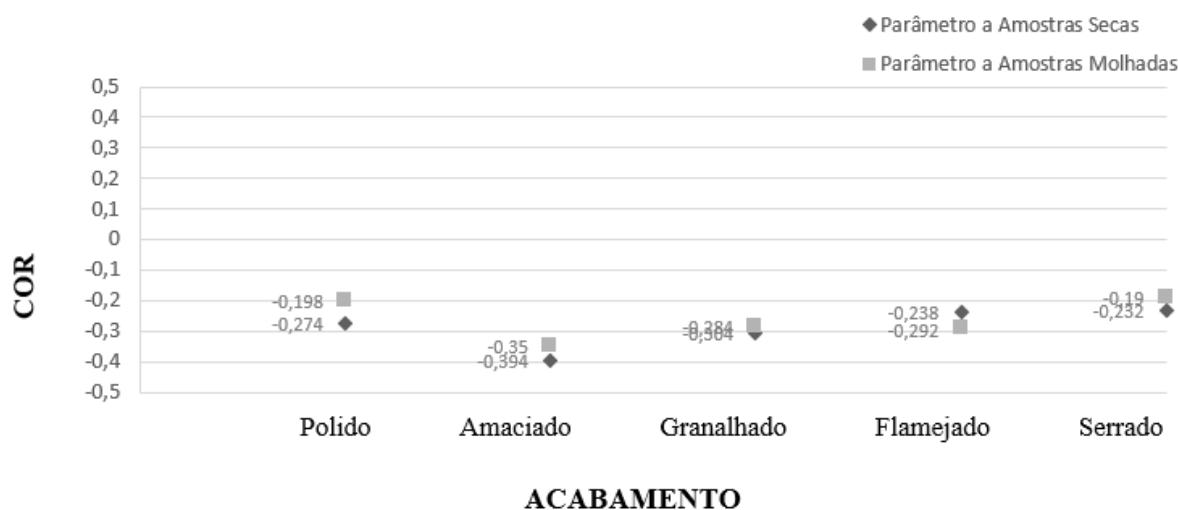


Figura 44 - Valores para o Parâmetro *a* obtidos nos ensaios laboratoriais. (Seco e molhado)

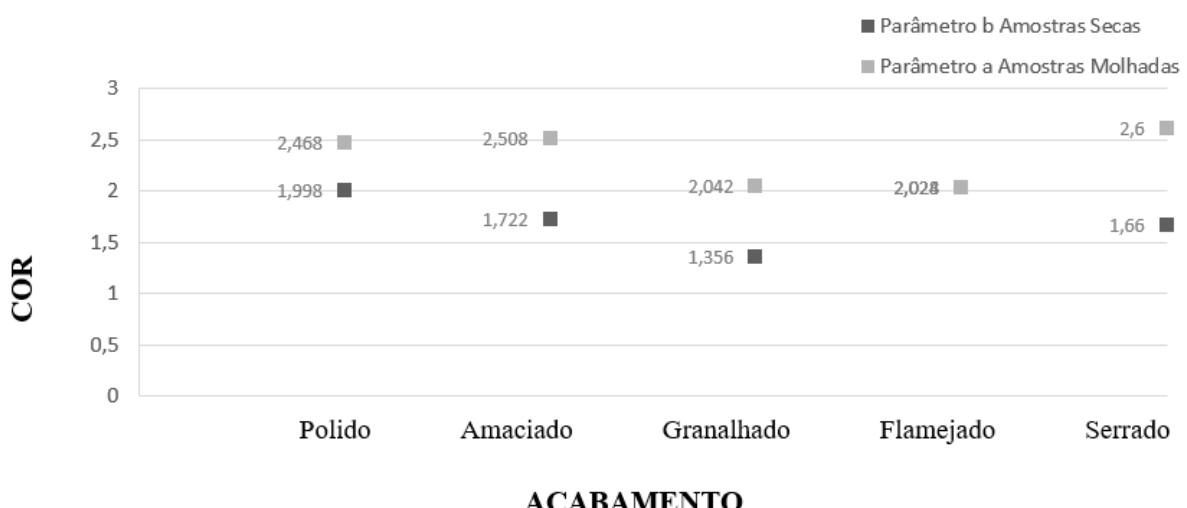
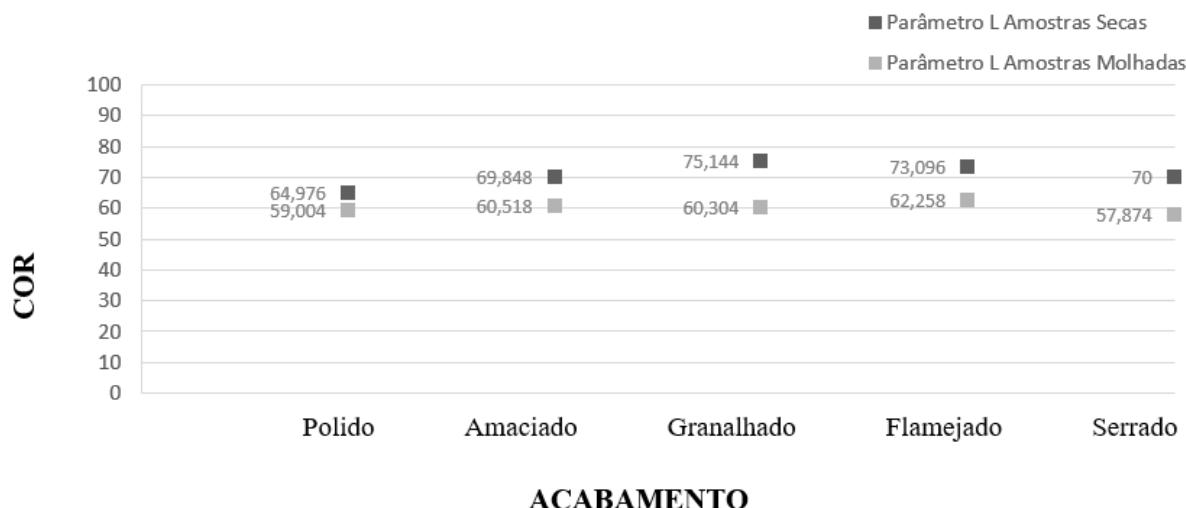


Figura 45 - Valores para o Parâmetro *b* obtidos nos ensaios laboratoriais. (Seco e molhado)



ACABAMENTO

Figura 46 - Valores para o Parâmetro L obtidos nos ensaios laboratoriais. (Seco e molhado)

Brilho: No que toca a este parâmetro verifica-se que as amostras polidas quando são molhadas perdem brilho, mas as amaciadas quando são molhadas comportam-se de forma inversa tornando-se mais brilhantes. De realçar que as amostras amaciadas quando são analisadas com ângulos de incidência de 20° e 60° ganham brilho. Outro aspeto interessante a reter é o facto de as amostras polidas e molhadas apresentarem um brilho sensivelmente semelhante. Apenas para o caso de um ângulo de incidência de 85° o brilho nas amostras amaciadas molhadas foi superior ao brilho das amostras polidas molhadas.

Tabela 9 - Média dos resultados obtidos para o brilho

Acabamento Superficial		Ângulo de incidência		
		20°	60°	85°
	Polido Seco	58,01	69,98	84,44
	Polido Molhado	37,41	56,71	77,82
	Amaciado Seco	-	-	21,25
	Amaciado Molhado	31,43	55,40	80,47



5. Conclusões

O estudo realizado permitiu quantificar a cor e o brilho do granito Branco Micaela sujeito a diferentes processos de acabamento – Polido, Amaciado, Granalhado, Flamejado e Serrado para o caso de este estar seco ou molhado, tendo assim uma importância elevada para novas abordagens comerciais. Apesar do presente estudo conter algumas limitações (impossibilidade de encontrar um rugosímetro adequado para analisar todos os acabamentos e falta de bibliografia que estudasse a influência da água na cor e do brilho de superfícies) conseguiu-se obter algumas conclusões, sendo as principais:

-Foi possível obter uma melhoria no polimento por parte da empresa Transgranitos, dado que os valores de brilho obtidos neste estudo são superiores aos apresentados por Gonçalves et al (2013).

-Este granito amaciado quando em contacto com a água apresenta brilho para os vários ângulos de incidência, ao contrário do que se verifica quando está seco.

- Os acabamentos granalhado, flamejado e serrado não apresentam brilho quando analisados com um brilhometro;

- O acabamento polido, quando molhado, apresenta um brilho muito semelhante ao acabamento amaciado molhado. Pode concluir-se que em países onde existem elevados níveis de precipitação, como a Inglaterra, Escócia ou Irlanda, podem optar pelo acabamento amaciado ao invés do polido – sendo o acabamento amaciado de forma geral mais económico que o polido.



Propostas de trabalho futuro:

- Analisar a rugosidade do granito “Branco Micaela” para os diferentes acabamentos;
- Examinar a cor e brilho para granitos com uma tonalidade similar ao granito “Branco Micaela”;
- Estudar a variação da cor e do brilho para os diferentes acabamentos do granito “Branco Micaela” para diferentes condições atmosféricas (cidade, deserto, litoral, etc.);



6. Bibliografia

- Alman, D. H. (1993). CIE Technical Committee 1-29. Industrial color difference evaluation. *Progress report. Color Res. Appl.* 18, 137–139.
- Aydin, G. K. (2011). An investigation on surface roughness of granite machined by abrasive waterjet. *Bulletin of Materials Science*, . pp. 985-992.
- Benavente, D., Martínez-Verdú, F., Bernabeu, A., Viqueira, V., Fort, R., García del Cura, M. A., & Ordóñez, S. (2003). Influence of surface roughness on color changes in building stones. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*, 28(5), 343-351.
- Berns RS. Billmeyer and Saltzman's (2000). *Principles of color technology*, 3rd edition. New York: Wiley.
- Campos, H. (2003). Gestão de uma Unidade de Transformação de Rocha Ornamental, Universidade do Porto, FEUP.
- Carmo, H., & Ferreira, M. M. (1998). *Metodologia da Investigação - Guia para a auto-aprendizagem*. Lisboa. : Universidade Aberta.
- CIE (1995). Industrial color-difference evaluation. CIE Pub. 116, Commission International de L'Eclairage, Vienna.
- CIE Publication N. 17.4 (1987), International Lighting Vocabulary, Definition 845-03-25.
- Clarke, D. B. (1992). *GranitoidRocks*. Nova Scotia - Canada: Chapman & Hall.
- Ferreira, A., & Giraldi, G. (2018). Neural Network aproches to granite tiles classification. *Expert Systems with Applications. Convolutional*.
- Fortin, M. F. (2003). *O processo de investigação*. Décarie Éditeur Inc, 3^a Edição.



Frascá, M. H. B. O., & Yamamoto, J. K. (2006). Ageing tests for dimension stone-experimental studies of granitic rocks from Brazil. In Proceedings 10th IAEG international congress. The Geological Society of London, IAEG2006 Paper (No. 224).

Frazão, M. (2005). Análise do Processo de Serragem através de Engenhos de Lâminas Diamantadas, Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Geológica e de Minas, Instituto Superior Técnico.

Giménez, R. G., de la Villa Mencía, R. V., de Soto García, I. S., & Arribas, J. C. (2013). Alteration processes of historical granitic rock found in avila, Spain. Mediterranean Archaeology & Archaeometry, 13(1).

Gonçalves, B., & Sousa, L. (2010). Avaliação das Características de Superfície em Granitos Polidos. . Vila Real: Departamento de Geologia da Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro.

Gonçalves, J., Braga, P., Oliveira, C., Correia, J., Silva, J., Reis, C. (2019) Contribution Evaluation of “Branco Micaela” granite used in facades, for the safety of workers, Book-chapter #90, SHO 2019 - International Symposium on Occupational Safety and Hygiene

Grossi, C. M., Brimblecombe, P., Esbert, R. M., & Alonso, F. J. (2007). Color changes in architectural limestones from pollution and cleaning. *Color Research & Application*: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur, 32(4), 320-331.

Grossi, C.M., Rojo, A. Esbert, R.M., Alonso, F.J. (2006). Effect of laser on granite color. *Col. Res. Appl.*, 32, pp 152-160.

Hansen, T., Olkkonen, M., Walter, S., & Gegenfurtner, K. R. (2006). Memory modulates color appearance. *Nature neuroscience*, 9(11), 1367.

Hill, B., Roger, T., & Vorhagen, F. W. (1997). Comparative analysis of the quantization of color spaces on the basis of the CIELAB color-difference formula. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 16(2), 109-154.



- Lakatos, M. &. (2001). Metodologia do Trabalho Científico. São Paulo: Atlas.
- Loo, M., Rand, B. 1987. BFD (l:c) colour-difference formula. Part 1: Development of the formula. *JSDC* 103 (Feb.), 126–132. Part 2: Performance of the formula. *JSDC* 103 (March), 86–94.
- Pietro, B., Sanmartin, P., Silva, B. (2011). Effect of Surface Finish on Roughness, Color, and Gloss of Ornamental Granites, *Journal of Materials in Civil Engineering* 23(8) · August 2011
- Quivy, R. e. (1998). Manual de investigação em ciências Sociais . Lisboa: Gradiva.
- Reyes, J., Corvo, F., Espinosa-Morales, Y., Dzul, B., Perez, T., Valdes, C., ... & Quintana, P. (2011). Influence of air pollution on degradation of historic buildings at the urban tropical atmosphere of San Francisco de Campeche city, Mexico. In *Monitoring, control and effects of air pollution*. InTech.
- Rojo, A., Alonso, F. J., and Esbert, R. M. (2003). “Hydric properties of some Iberian ornamental granites with different superficial finishes: A petrophysical interpretation.” *Mater. Construcc.*, 53(269), 61–72.
- Sanmartín, P., Silva, B., & Prieto, B. (2011). Effect of surface finish on roughness, color, and gloss of ornamental granites. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23(8), 1239-1248.
- Schwiegerling, J. (2004), *Field Guide to Visual and Ophthalmic Optics*, SPIE Press, Bellingham, WA.
- Shehata, W., El Mukhtar, M., & Badiuzaman, M. (1990). Evaluation of some dimension stone occurrences in Saudi Arabia. , pp. pp. 2987-2992.
- Silva, S. A., Oliveira, F. M. D. C., & de Souza, J. C. (2008). Avaliação da perda de brilho em placas pétreas da região litorânea do Recife–Bairro Boa Viagem. *Estudos Geológicos*, 18(1), 65.
- Silveira (2007), polimento de rochas ornamentais: um enfoque tribológico ao processo.



Sousa, L. (2012). Os Granitos de Vila Pouca de Aguiar - como factor de Desenvolvimento Regional. Vila Real: Universidade de Trás - os - Montes e Alto Douro.

Sousa, L. G. (2013). Sousa, L.M.O., Gonçalves, B.M.M., 2013. Differences in the quality of polishing between sound and weathered granites. *Environmental Earth Sciences*.

Sousa, L. M. O., (2014). Comunicações Geológicas (2014) 101, Especial III,. Evolução das características de superfície de pavimentos pétreos, pp. 1173-1176.

Sousa, L. M., & Goncalves, B. M. (2012). Color assessment of granitic rocks and implications for their ornamental utilization. *Color Research & Application*, 37(5), 375-383.

Vásquez, P. (2010). Granitos Ornamentales: Caracterización, durabilidad y sugerencias de uso. . Oviedo : Universidade de Oviedo Departamento de Geología – Área de Petrología y Geoquímica. Tese de doutoramento. Oviedo.

Viles, H. A. (1997). Urban air pollution and the deterioration of buildings and monuments. *The global environment: science, technology and management*, 599-609.

Wallace, S. (1995). *The Nature and Origin of Granite*. Glasgow, U.K.: Chapman & Hall.



7. Bibliografia Digital

Referência	Página	Data de consulta
Internet 1	https://mapio.net/wiki/Q5049809-en/	(consultado em 11/09/2018).
Internet 2	https://www.chnspec.com/solutionshow.php?cid=38&id=20	(consultado em 11/10/2018).
Internet 3	http://marsdesert.blog45.fc2.com/blog-entry-75.html	(consultado em 11/10/2018).
Internet 4	https://www.researchgate.net/figure/Figura-26-Espaco-de-cor-CIELab_fig4_235438609	(consultado em 11/10/2018).
Internet 5	https://www.youtube.com/watch?v=P0Nyt2uduY	(consultado em 06/12/2018).
Internet 6	http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/tem-noticias-1edicao/videos/v/explosoes-em-pedreira-colocam-em-risco-moradores-de-salto-de-pirapora/3712875/	(consultado em 06/12/2018).
Internet 7	http://www.gasparimenotti.it/po/instala%C3%A7%C3%A3o%C3%A9s-azulejos-marmore/pcmm-600pcmf-600pmm-600-calibradoras-eou-polidoras-.asp	(consultado em 06/12/2018).
Internet 8	https://www.google.com/maps/place/40%C2%B0045'46.2%22N+7%C2%B0029'14.8%22W/@40.7628333,7.4896331,685m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x18m2!3d40.7628333!4d-7.4874444	(consultado em 10/12/2018).
Internet 9	http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/scientiamedica/article/viewFile/1650/7895	(consultado em 10/12/2018).



8. ANEXOS

ANEXO 1 - Ensaio laboratorial N° LGA134-182-EN

1

TEST REPORT	No. LGA136-182-EN	Date 2013-11-28
Client:	Transgranitos P.T. Telões – Apartado 26 PT-5450 Vila Pouca de Aguiar	
via	TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH Naturstein, Fassade, Bauteile Tillystraße 2 90431 Nürnberg	Dreikronenstraße 31 97082 Würzburg
Order:	dated: 2013-10-10	receipt: 2013-10-10
Content:	Petrographical description of 1 natural rock sample (Branco Micaela Granite)	
Sample material:	2 samples c. 10 cm x 10 cm x 3 cm	
Samples:	Samples delivered by LGA Würzburg	
Identification:	Internal laboratory sample numbers LGA136-182	

The petrographical description exclusively refers to the samples specified in the test report. The test report may be published only in full. Each publication either shortened or in excerpt necessitates the previous approval by the TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH in writing.

1. Proceedings

We got the order by the TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH to perform a petrographical investigation of the delivered rock sample designated as 'Branco Micaela Granite' following DIN EN 12407:2000. The place of quarrying was specified by the customer as 'Quarry Rei Mouro / Aguiar de Beira / Portugal'. The samples were investigated both macroscopically and microscopically using 1 petrographical thin section (48 mm x 28 mm, produced in wk 42/2013, finished 2013-10-16). The thin section was prepared from a section parallel to one narrow side of one sample.

2. Petrographical description

2.1 Macroscopical description

On the quadratic surfaces the sample appears as a whole homogenously light grey coloured with evenly distributed small black dots (Fig. 1). On the saw-cut surfaces mineral grains of different size and colour can be discerned so that the rock shows an inhomogenous colour distribution. The sample consists of xenomorphic yellowish white crystals of – macroscopically not discernible – alkali feldspar and plagioclase (size 1 to 4 mm), xenomorphic aggregates of dark grey quartz (size 1 to 5 mm) as well as tabular idiomorphic crystals of black dark mica (biotite; size 0.5 to 1.5 mm) and silver white mica (muscovite; size 0.5 to 2 mm). In addition aggregates of dark mica are present that may be irregularly amoeboidal shaped (size up to 5 mm) or are elongated (length 10 mm, width 1 mm). The dark mica locally shows some change to light reddish brown colour due to alteration. Scarcely yellow brown goethite can be observed in aggregates of dark mica.

The rock is fine to medium grained (grain size 0.5 to 3 mm) with some larger coarse grained feldspar grains (grain size up to 5 mm) and thus shows a tendency towards inequigranular (porphyritic) fabric. A general layer fabric with a preferred orientation of the minerals could not be observed, but on the narrow sides the tabular dark mica crystals tend to have a nearly parallel arrangement with other directions of orientation being locally present.

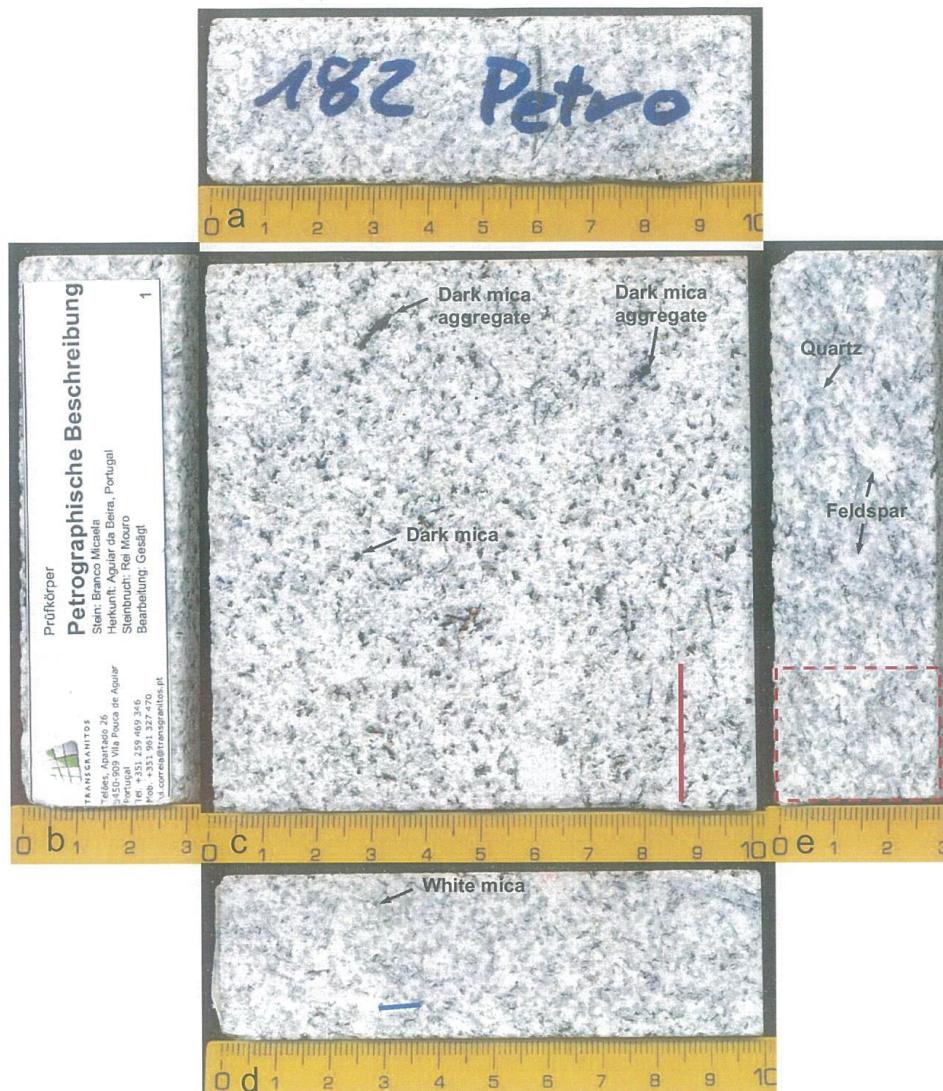


Figure 1a-e: The sample is homogenously light grey coloured with small black dots on the quadratic surfaces. On the saw cut surfaces yellowish white feldspar, grey quartz, black dark mica (biotite) and silver white mica (muscovite) can be discerned. The blue line marks the approximate direction of the nearly parallel alignment of dark mica. The red line and the red rectangle mark the position of the thin section. Sample LGA136-182.

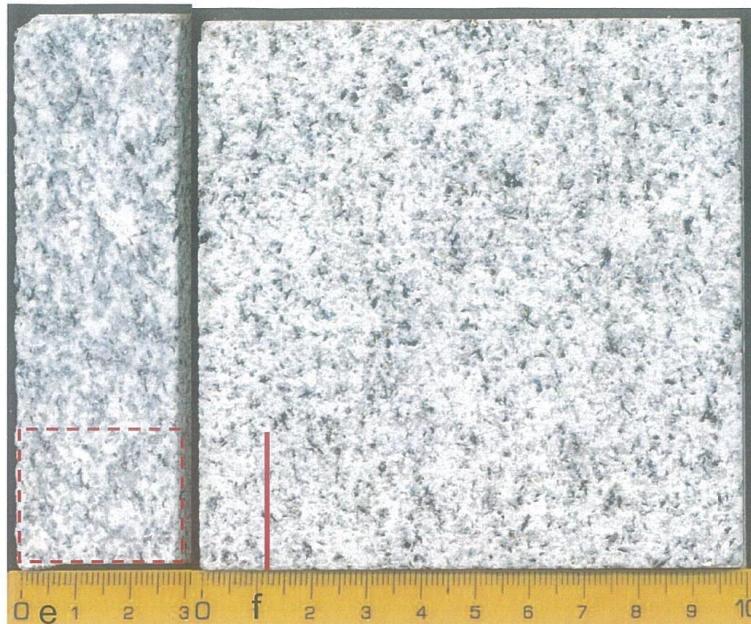


Figure 1e-f: The sample is homogenously light grey coloured with small black dots on the quadratic surfaces. On the saw cut surfaces yellowish white feldspar, grey quartz, black dark mica (biotite) and silver white mica (muscovite) can be discerned. The red line and the red rectangle mark the position of the thin section. Sample LGA136-182.

2.2 Microscopical description

The rock consists of alkali feldspar, plagioclase, quartz, dark mica, white mica, chlorite, hematite, goethite, rutile, carbonate and as accessory minerals apatite and zircon.

Alkali feldspar is present in hypidiomorphic crystals (length mostly 1 to 2.4 mm, maximum 4 mm) and appears in plane polarised light colourless and locally in different intensity pigmented with brown colour caused by dusty inclusions (Fig. 2a, b). Under crossed polarisers it can be observed that in nearly every crystals there exist homogenous areas in the structural state of 'orthoclase', that locally was transformed into microcline (cross hatch twinning) in combination with a patchy zonation (Fig. 3a) or with perthitic unmixing (albite-rich inclusion with polysynthetic twins within an orthoclase-rich host) (Fig. 3b). Both types of alteration are associated with the formation of brown dusty pigment by hematite (Fe_2O_3). Simple twins (Karlsbad law, Baveno Law) are present in most crystals. Inclusions of hypidiomorphic plagioclase, quartz, dark mica and white mica can be found in the larger crystals. Only at a few places occur oriented plagioclase-quartz intergrowths (myrmekite) that grew from plagioclase into alkali feldspar.

Plagioclase occurs in different generations. Small hypidiomorphic crystals (length 0.3 mm) occur as inclusions in alkali feldspar (Fig. 4a). A larger generation of hypidiomorphic plagioclase crystals (length 0.4 to 1.2 mm, maximum 1.5 mm) is present in aggregates (size up to 3.2 mm) (Fig. 4a). The largest crystals (length 2 to 5.2 mm) occur as single crystals or in aggregates of a few crystals (Fig. 4b). In plane polarised light the plagioclase crystals appear colourless if unaltered and due to alteration dark brown, caused by small crystals of white mica (sericite). Under crossed polarisers only a few crystals show continuous zonation. Many crystals have an outer rim that is unaltered and has a discontinuous border against the core of the plagioclase crystal (Fig. 4b). Generally polysynthetic twins (albite law, pericline law) can be observed. Anorthite-rich compositions are altered to very fine grained white mica and minor amounts of xenomorphic carbonate (size 0.02 to 0.08 mm). On cleavage planes larger crystals of white mica may be present. Some plagioclase crystals show signs of ductile deformation by slightly bent twin planes.

Quartz occurs in xenomorphic crystals (size 0.4 to 1.2 mm) and occur in the interstitial space between alkali feldspar and plagioclase (Fig. 5). In addition quartz forms irregularly outlined to slightly elongated



aggregates (size 1.6 to 4.8 mm). In plane polarised light quartz appears colourless (Fig. 5a). Under crossed polarisers subgrain formation can be observed in all quartz grains (Fig. 5b). The grain boundaries to adjacent quartz grains are in most cases irregular and stepped, in minor amount also sutured or scarcely straight. Scarcely inclusions of dark mica (size 0.01 to 0.04 mm) and apatite (length 0.06 mm) are present. Micro-inclusions are arranged in layers (bands).

Myrmekite (oriented plagioclase-quartz intergrowths) are present in minor amount. From plagioclase grains the myrmekite extends into the neighbouring alkali feldspar (Fig. 6).

Dark mica (biotite) is present in hypidiomorphic to xenomorphic tabular crystals (length mostly 0.3 to 1.7 mm, maximum 4.1 mm) with pleochroism from reddish brown to pale brown (Fig. 7a). The major amount of the dark mica crystals is unaltered. A small amount of the dark mica crystals is altered by a lamellar transformation to chlorite and tabular hematite, both oriented parallel to the cleavage planes (Fig. 7b, 8a). A few crystals are completely altered to chlorite (Fig. 7b). Inclusions of zircon (pleochroitic halos) (Fig. 9b) and intergrowths or aggregates with white mica (Fig. 7a) are numerous. In some of the dark mica crystals with a high degree of alteration to chlorite rutile is present as colourless needles or as bundles of needles that are oriented in three crystallographic directions (sagenite).

White mica (muscovite) occurs in hypidiomorphic to xenomorphic tabular crystals (length mostly 0.1 to 0.8 mm) (Fig. 7a) in intergrowth with or in aggregates with dark mica. As alteration product of anorthite-rich plagioclase compositions occurs very fine grained white mica (sericite; length up to 0.002 mm). On cleavage planes of alkali feldspar and plagioclase also large crystals of white mica may occur (length 0.32 to 0.8 mm) (Fig. 4a, 10). In addition white mica is present as filling of cracks and on the intergranular space.

Chlorite occurs as alteration product of dark mica, i.e. as lamellar replacement parallel to the cleavage planes or as complete replacement (Fig. 7b). In plane polarised light chlorite shows pleochroism from pale green to colourless, under crossed polarisers anomalously blue interference colours.

Hematite occurs as tabular crystals (length 0.01 to 0.15 mm) (Fig. 8a), sometimes with irregular outline, as alteration product of dark mica in cleavage planes together with chlorite. In addition also some massive xenomorphic hematite grains can be observed (size 0.09 mm) (Fig. 8b). In transmitted light hematite is opaque. In reflected light hematite shows greyish white colour and under crossed polarisers does not show internal reflections. Goethite forms irregular xenomorphic crystals and crystal aggregates (size crystals 0.05 to 0.1 mm, aggregates 0.1 to 0.3 mm) (Fig. 8c) as hydration and oxidation product of dark mica. In transmitted light goethite appears dark brown to opaque, in reflected light no observations could be made. Rutile forms idiomorphic colourless needles or bundles of needles (length 0.02 to 0.25 mm, diameter 0.005 to 0.01 mm) (Fig. 8c) that occur in approximately crystallographically oriented three directions in dark mica (sagenite).

Apatite forms idiomorphic long prismatic crystals (length 0.15 to 0.25 mm, diameter 0.02 to 0.04 mm) that occur as inclusions in dark mica (Fig. 9a) and scarcely in alkali feldspar. Zircon occurs in idiomorphic crystals (length 0.02 to 0.03 mm, diameter 0.005 to 0.01 mm) as inclusions in dark mica and are surrounded by a pleochroitic halo (Fig. 9b). Rutile only occurs as oriented inclusion within dark mica altered to chlorite as idiomorphic colourless needles or bundles of needles (length 0.02 to 0.25 mm, diameter 0.005 to 0.01 mm) (Fig. 8c).

Carbonate is present in xenomorphic grains (size 0.02 to 0.08 mm) as alteration product of plagioclase (Fig. 10) and locally as filling of fractures cross-cutting other minerals (Fig. 12c), or as filling of the intergranular space (Fig. 11b).

The fabric shows an internal grain size variation. Between the few large crystals of alkali feldspar and plagioclase and the coarse grained quartz aggregates the interstitial spaces (size 2 to 3 mm) are filled with relatively finer grained alkali feldspar, plagioclase, dark mica and white mica.

The rock shows signs of both ductile and brittle deformation. Ductile deformation occurs as bending of plagioclase twin lamellae (Fig. 12a) and of dark mica (Fig. 12b). Brittle deformation is present as fractures through minerals or by widening of the intergranular space. Both fractures and intergranular space may be filled with white mica (Fig. 12b) or with carbonate (Fig. 11b, 12c).



3. Result

According to the petrographical investigation performed on the thin section the rock can be classified after DIN EN 12670:2001 and following LeMaitre et al. (2005) as igneous rock, especially as granite (Table 1). Following LeMaitre et al. (2005) the rock may be further specified as biotite-bearing muscovite (leuco-monzo-)granite.

Clerk in charge

Volker von Seckendorff

Dr. Volker von Seckendorff
(Signature added as scan)

Literature

LeMaitre RW, Streckeisen A, Zanetti B (2005) Igneous Rocks, A Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. 2nd edition. Cambridge University Press.

Table 1: Volumetric estimation of the modal content (estimated vol.-%).

Mineral	Volumetric amount (estimated) [Volume-%]	Mean value of volumetric amount (estimated) [Volume-%]	Streckeisen classification
Quartz	30 - 40	35	Q 38.9
Alkali feldspar	15 - 25	20	A 22.2
Plagioclase	30 - 40	35	P 38.9
Dark mica (biotite)	1 - 3	2	
White mica (muscovite)	5 - 10	7.5	P/(A+P) 63,7
Ore minerals (hematite)	0.2	0.2	M' 3 - 5
Accessories (apatite, zircon)	0.2	0.2	
Carbonate	0.1	0.1	



Figure 2a: Polarizing microscopical overview photo micrograph. Major part of the rock consisting of alkali feldspar, plagioclase, dark mica (biotite) and white mica (muscovite), partially intergrown in aggregates, xenomorphic quartz in aggregates. Relatively finer grain size of plagioclase in interstitials between quartz. Plane polarised light. Scale bar corresponds to 2 mm length. Field width 7.2 mm. Thin section LGA136-182.

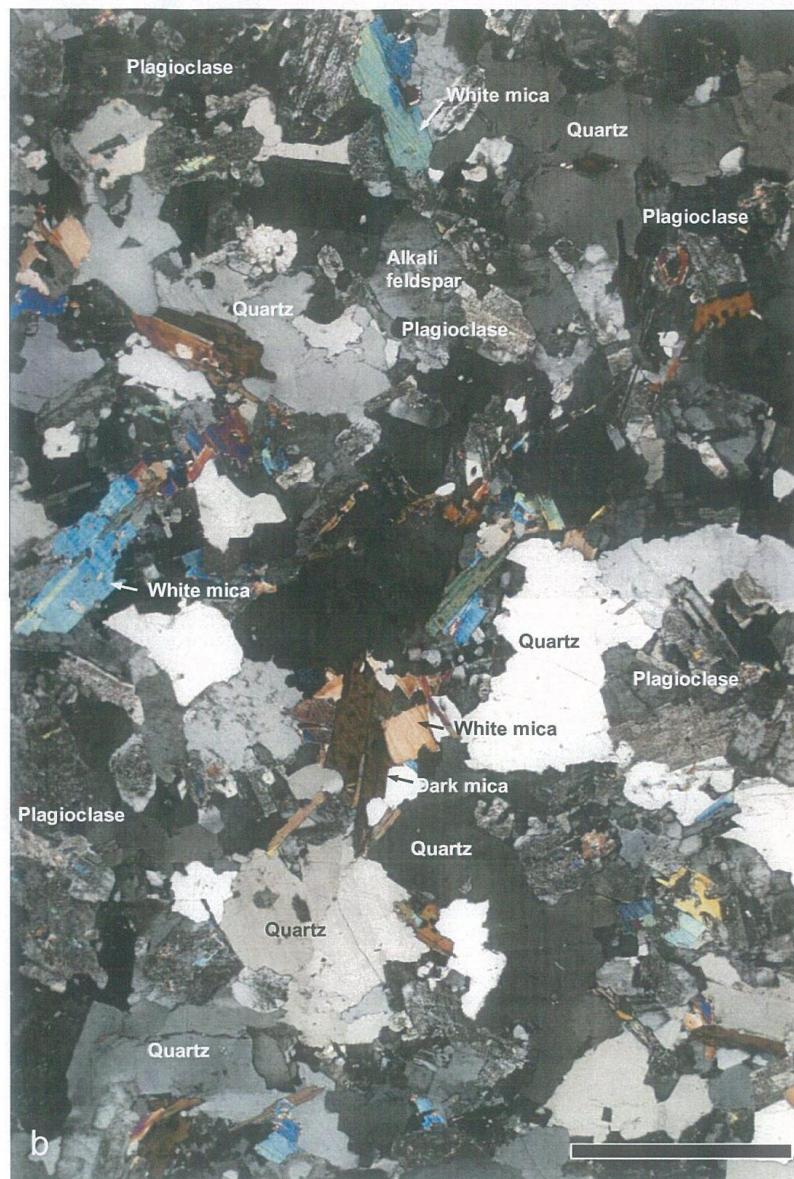


Figure 2b: Polarizing microscopical overview photo micrograph. Major part of the rock consisting of alkali feldspar, plagioclase, dark mica (biotite) and white mica (muscovite), partially intergrown in aggregates, xenomorphic quartz with subgrain formation in aggregates. Relatively finer grain size of plagioclase in interstitials between quartz. Crossed polarisers. Scale bar corresponds to 2 mm length. Field width 7.2 mm. Thin section LGA136-182.

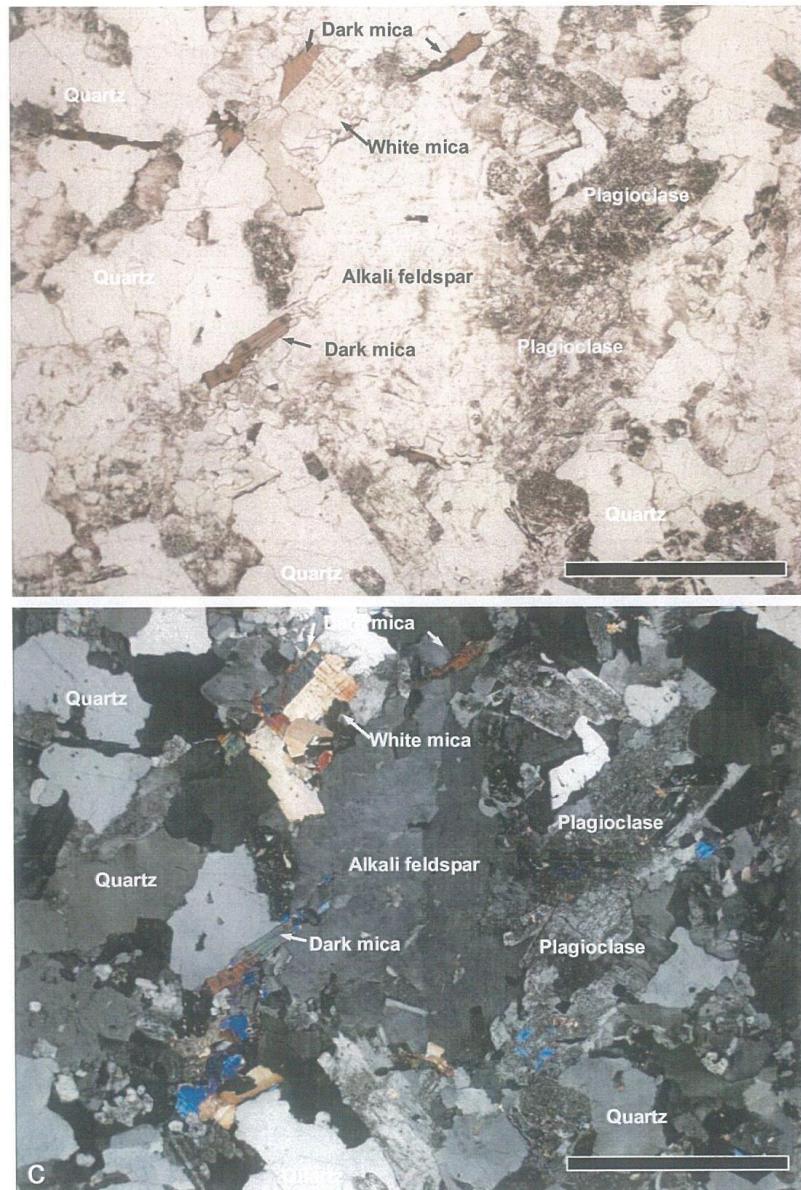


Figure 2c: Polarizing microscopical overview photo micrograph. Large hypidiomorphic crystal of alkali feldspar, simple twin. Top picture plane polarised light, bottom picture crossed polarisers. Scale bar corresponds to 2 mm length. Field width 7.2 mm. Thin section LGA136-182.

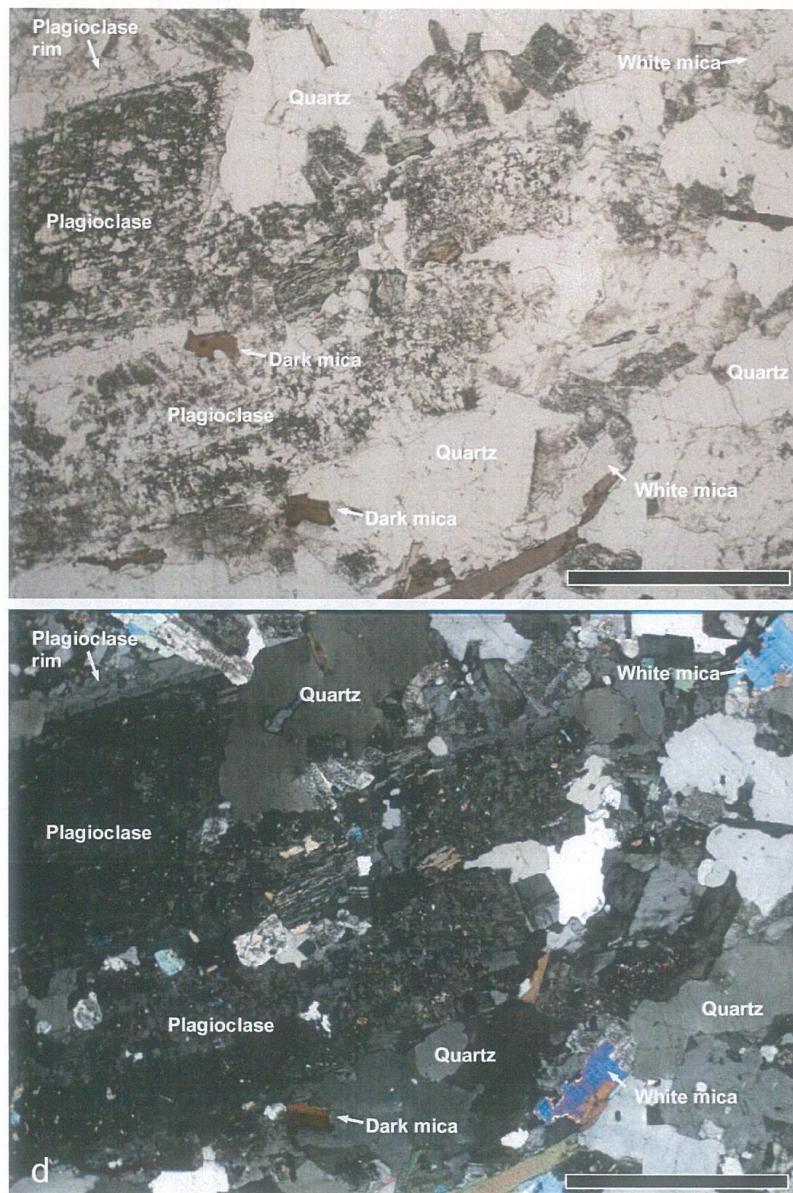


Figure 2d: Polarizing microscopical overview photo micrograph. Large hypidiomorphic plagioclase crystals with pigmented anorthite-rich and altered core and a clear rim, polysynthetic twins (parallel stripes). Top picture plane polarised light, bottom picture crossed polarisers. Scale bar corresponds to 2 mm length. Field width 7.2 mm. Thin section LGA136-182.

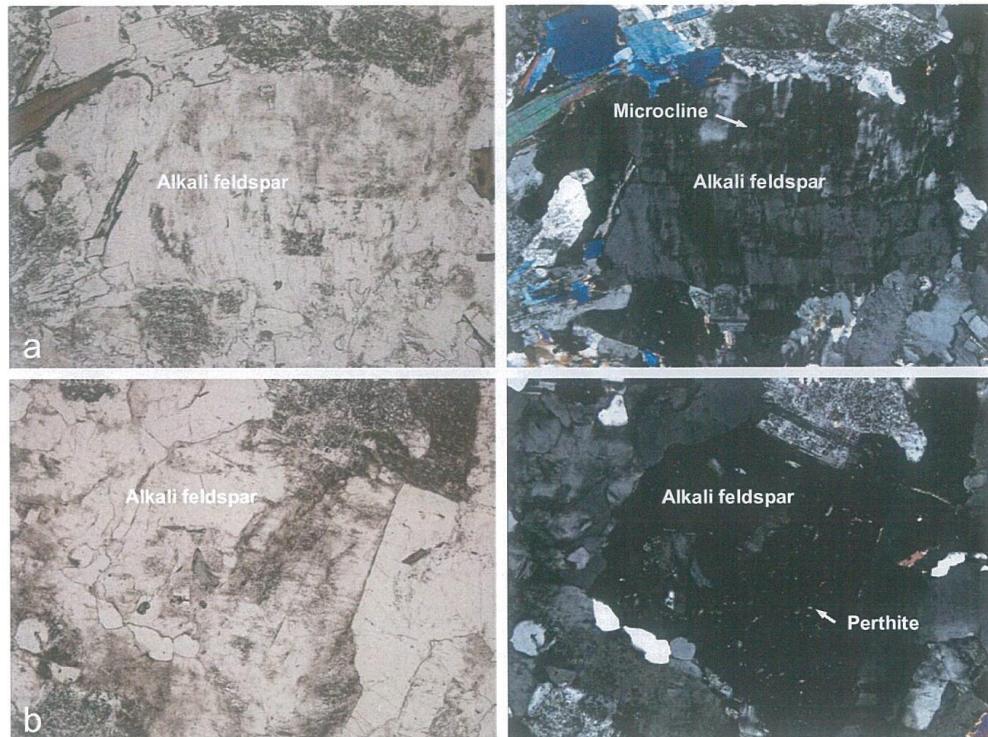


Figure 3: Polarizing microscopical detail photo micrographs. Alkali feldspar. (a) Alkali feldspar with microcline twinning and dusty hematite exsolution; (b) alkali feldspar with perthitic unmixing, albite-rich lamellae (polysynthetic twins) in orthoclase-rich host with dusty hematite exsolution. Left-hand picture plane polarised light, right-hand picture crossed polarisers. Field width 2.4 mm. Thin section LGA136-182.

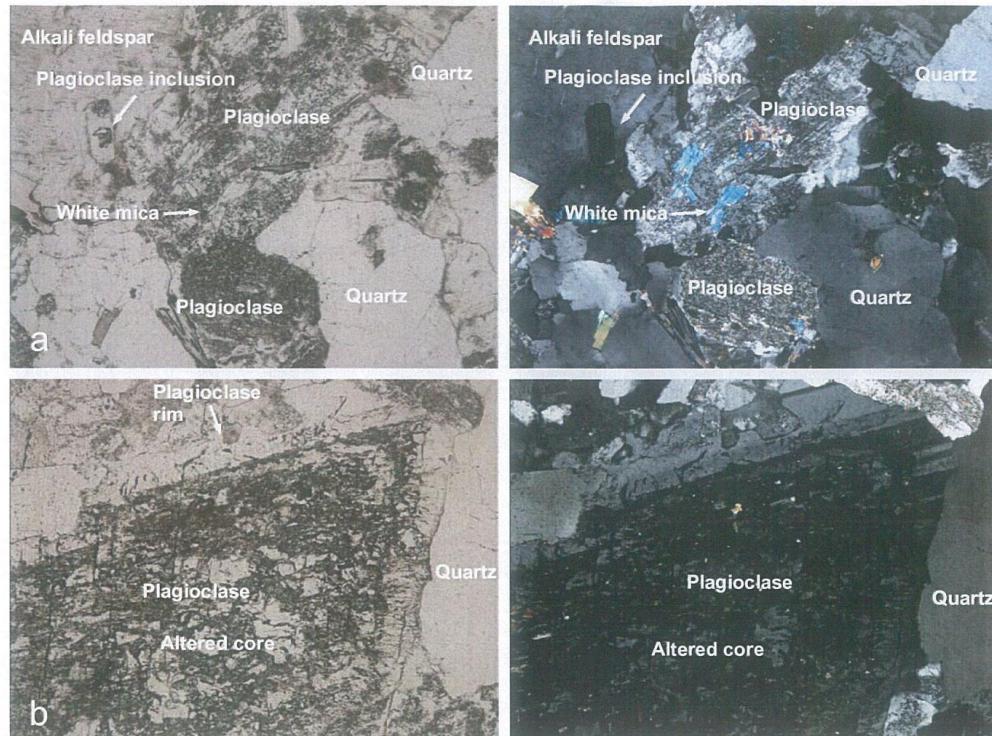


Figure 4: Polarizing microscopical detail photo micrographs. Plagioclase. (a) 013 Small hypidiomorphic plagioclase inclusion in alkali feldspar, aggregat of larger hypidiomorphic plagioclase crystals; (b) 015 part of a large hypidiomorphic plagioclase crystal with strongly altered and pigmented core and clear rim, polysynthetic twins. Left-hand picture plane polarised light, right-hand picture crossed polarisers. Field width 2.4 mm. Thin section LGA136-182.

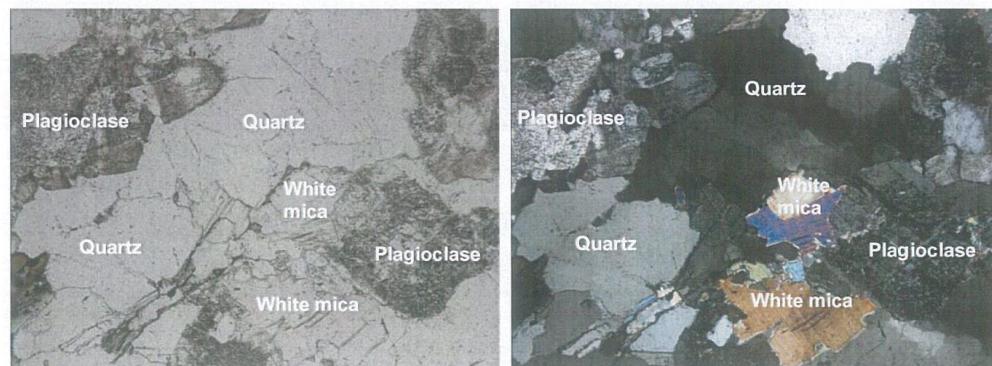


Figure 5: Polarizing microscopical detail photo micrographs. Quartz aggregate. Xenomorphic quartz grains, subgrain formation, irregularly stepped and sutured grain boundaries. Left-hand picture plane polarised light, right-hand picture crossed polarisers. Field width 2.4 mm. Thin section LGA136-182.



Figure 6: Polarizing microscopical detail photo micrographs. Myrmekite. Oriented intergrowths of plagioclase and quartz extending from plagioclase into alkali feldspar. Left-hand picture plane polarised light, right-hand picture crossed polarisers. Field width 1.2 mm. Thin section LGA136-182.

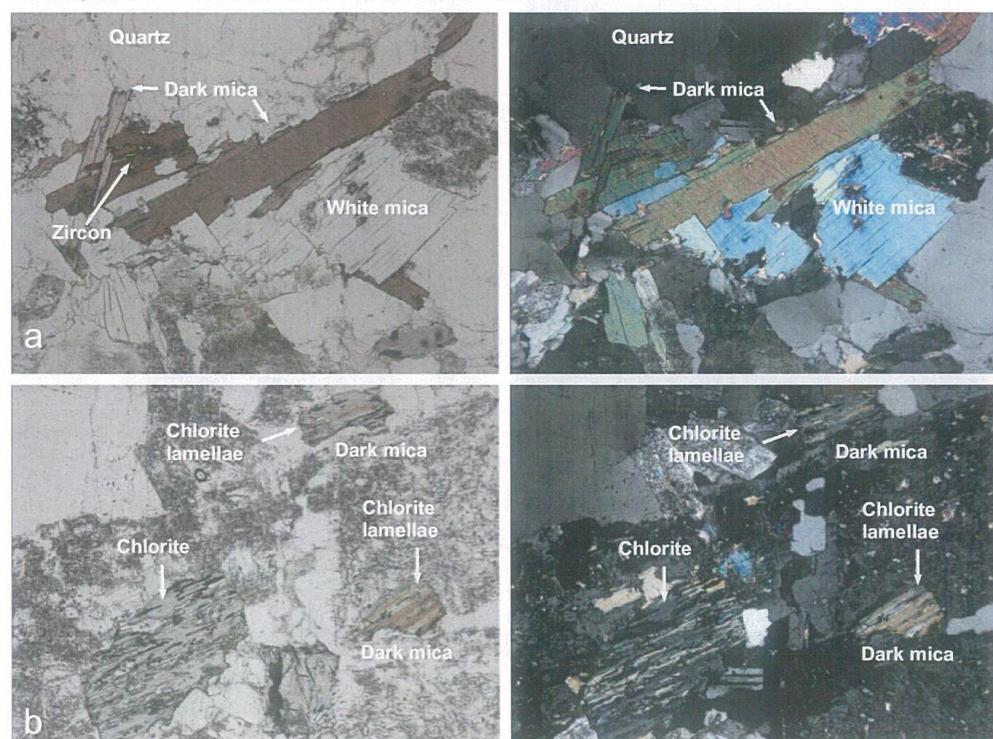


Figure 7: Polarizing microscopical detail photo micrographs. Dark mica (biotite) and white mica (muscovite). (a) Brown unaltered dark mica with pleochroism, inclusions of zircon (black halo), colourless white mica, xenomorphic quartz; (b) altered dark mica, transformed in lamellae or completely into chlorite. Left-hand picture plane polarised light, right-hand picture crossed polarisers. Field width 2.4 mm. Thin section LGA136-182.

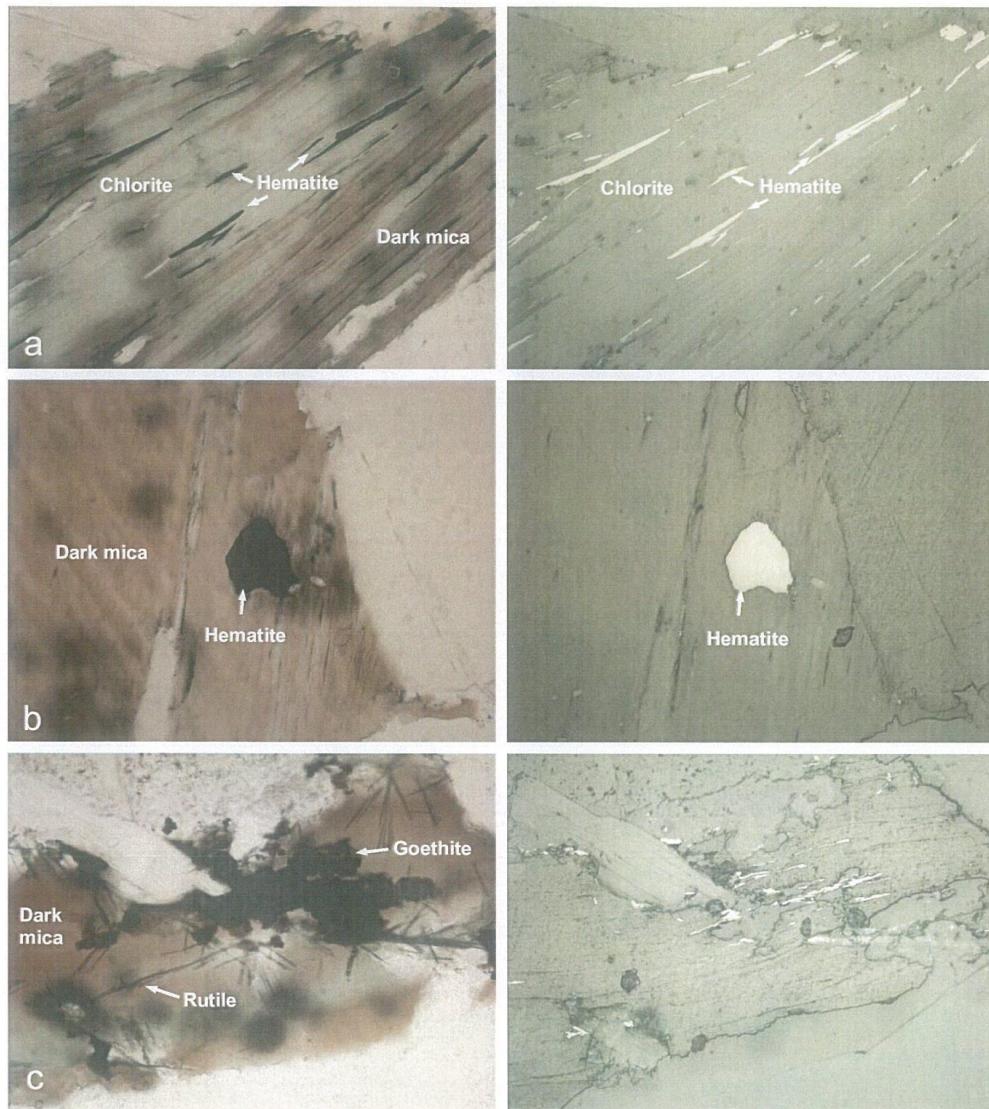


Figure 8: Polarizing microscopical detail photo micrographs. Ore minerals. (a) Hematite in tabular crystals in cleavage planes of dark mica altered to chlorite; (b) massive hematite grain in dark mica; (c) goethite in irregular aggregates, rutile needles (sagenite). Plane polarised light, left-hand picture transmitted light, right-hand picture reflected light. Field width 0.6 mm. Thin section LGA136-182.

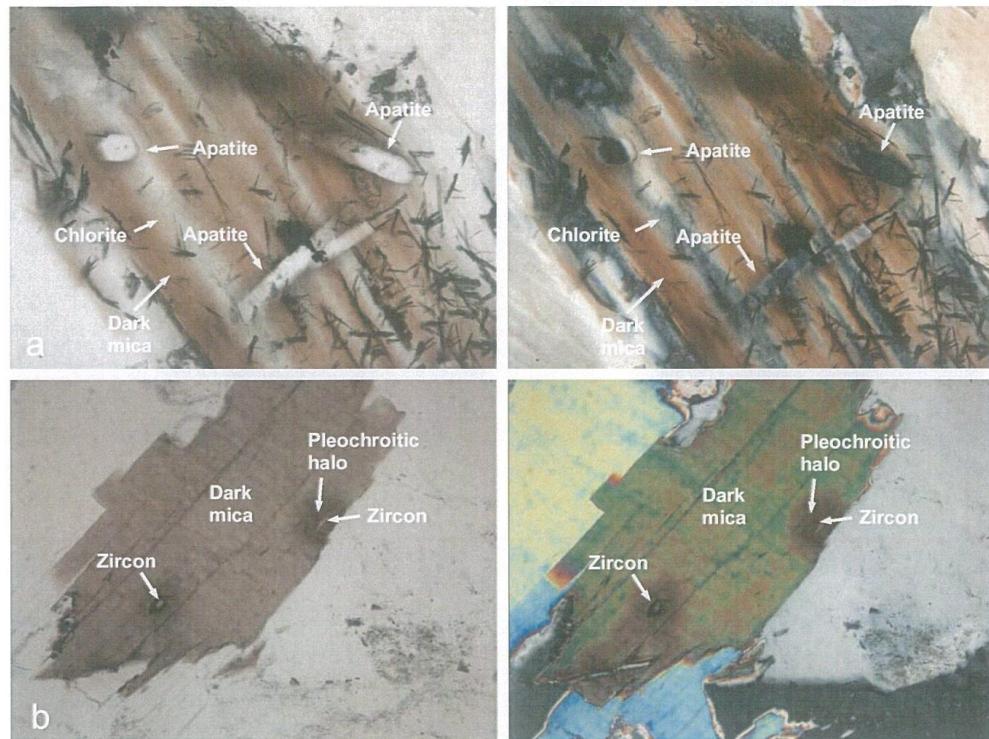


Figure 9: Polarizing microscopical detail photo micrographs. Accessory minerals. (a) Apatite inclusions in dark mica with chlorite lamellae; (b) zircon inclusions in dark mica with pleochroitic halos. Left-hand picture plane polarised light, right-hand picture crossed polarisers. Field width 0.6 mm. Thin section LGA136-182.

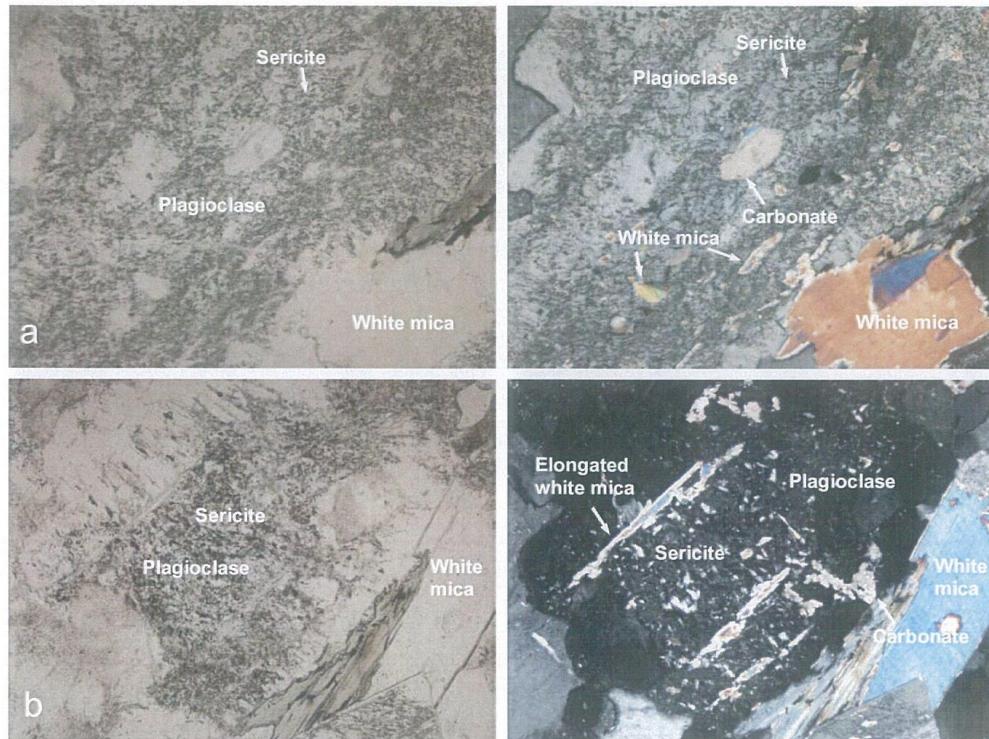


Figure 10: Polarizing microscopical detail photo micrographs. Alteration products of plagioclase. (a) Fine grained white mica (sericite), larger white mica crystals along cleavage planes, large xenomorphic carbonate; (b) fine grained white mica (sericite), extremely elongated white mica crystals along cleavage planes, xenomorphic carbonate along cleavage planes, but irregularly outlined. Left-hand picture plane polarised light, right-hand picture crossed polarisers. Field width 1.2 mm. Thin section LGA136-182.

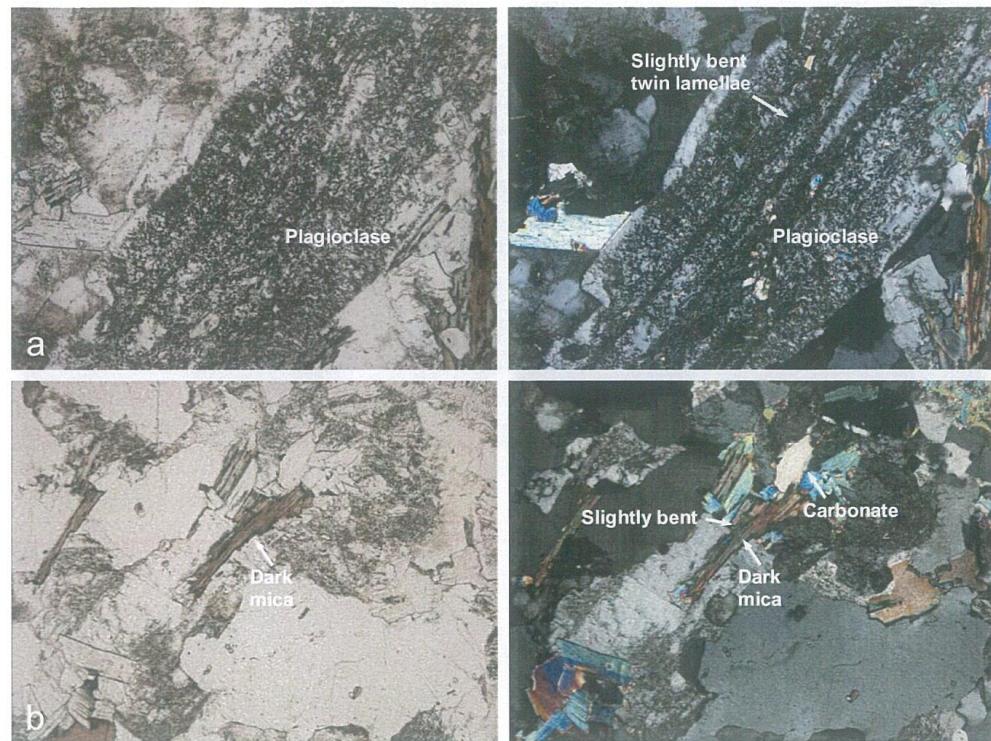


Figure 11: Polarizing microscopical detail photo micrographs. Signs of ductile deformation. (a) Plagioclase crystal with slightly bent twin lamellae; (b) dark mica with slight bending. Left-hand picture plane polarised light, right-hand picture crossed polarisers. Field width 2.4 mm. Thin section LGA136-182.

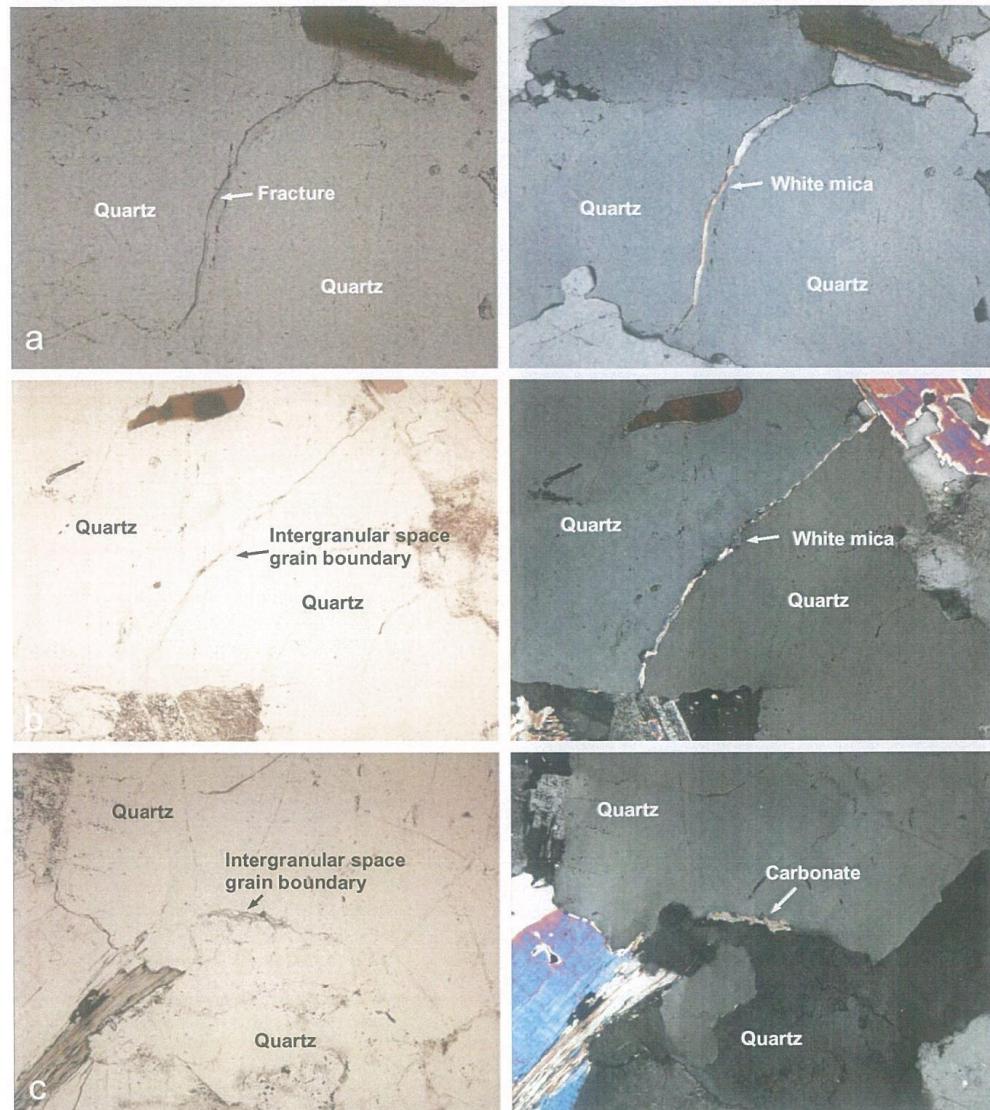


Figure 12: Polarizing microscopical detail photo micrographs. Signs of brittle deformation. (a) White mica as fracture filling in quartz; (b) white mica as filling of the intergranular space (grain boundary), connected to large white mica crystal; (c) carbonate as filling of the intergranular space (grain boundary). Left-hand picture plane polarised light, right-hand picture crossed polarisers. Field width 1.2 mm. Thin section LGA136-182.



ANEXO 2 – DADOS OBTIDOS NO COLORIMETRO

MEDIÇÕES A SECO	Acabamento	Nº amostra	L	a	b
	Polido	Amostra 1	65,52	-0,17	2,01
		Amostra 2	64,63	-0,29	1,89
		Amostra 3	64,4	-0,27	1,89
		Amostra 4	65,51	-0,27	1,98
		Amostra 5	64,82	-0,37	2,22
	Amaciado	Amostra 1	71,79	-0,36	1,72
		Amostra 2	69,35	-0,43	1,31
		Amostra 3	70,03	-0,43	1,54
		Amostra 4	70,85	-0,4	1,74
		Amostra 5	67,22	-0,35	2,3
	Granalhado	Amostra 1	74,9	-0,37	1,11
		Amostra 2	75,55	-0,34	1,32
		Amostra 3	74,5	-0,28	1,33
		Amostra 4	74,07	-0,29	1,38
		Amostra 5	76,7	-0,24	1,64
	Flamejado	Amostra 1	73,57	-0,27	2,25
		Amostra 2	73,12	-0,24	1,94
		Amostra 3	71,86	-0,18	1,98
		Amostra 4	73,61	-0,24	1,99
		Amostra 5	73,32	-0,26	1,98
	Serrado	Amostra 1	71,98	-0,27	1,93
		Amostra 2	71,59	-0,12	2,05
		Amostra 3	69,62	-0,22	1,56
		Amostra 4	68,05	-0,27	1,12
		Amostra 5	68,76	-0,28	1,64



MEDIÇÕES A MOLHADO	Acabamento	Nº amostra	L	a	b
Polido	Polido	Amostra 1	58,75	-0,18	2,14
		Amostra 2	57,75	-0,15	2,65
		Amostra 3	59,34	-0,2	2,51
		Amostra 4	59,86	-0,2	2,83
		Amostra 5	59,32	-0,26	2,21
Amaciado	Amaciado	Amostra 1	61,15	-0,34	2,39
		Amostra 2	58,21	-0,33	2,46
		Amostra 3	60,21	-0,45	1,92
		Amostra 4	63,83	-0,37	2,9
		Amostra 5	59,19	-0,26	2,87
Granalhado	Granalhado	Amostra 1	60,48	-0,25	2,16
		Amostra 2	61,41	-0,39	1,73
		Amostra 3	58,56	-0,32	1,92
		Amostra 4	58,89	-0,28	2,06
		Amostra 5	62,18	-0,18	2,34
Flamejado	Flamejado	Amostra 1	61,85	-0,3	1,88
		Amostra 2	62,57	-0,24	2,28
		Amostra 3	61,66	-0,28	1,95
		Amostra 4	62,86	-0,31	1,97
		Amostra 5	62,35	-0,33	2,04
Serrado	Serrado	Amostra 1	59,06	-0,16	2,64
		Amostra 2	58,1	-0,17	2,68
		Amostra 3	60,21	-0,25	2,69
		Amostra 4	54,5	-0,16	2,28
		Amostra 5	57,5	-0,21	2,71



ANEXO 3 – DADOS OBTIDOS NO BRILHOMETRO

Medições a Seco														
POLIDO														
Amostra 1			Amostra 2			Amostra 3			Amostra 4			Amostra 5		
20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
60,9	72,2	86,4	57,0	68,4	84,0	52,2	66,4	81,3	55,7	68,2	83,7	59,6	71,1	83,5
61,9	72,8	86,6	53,9	67,8	83,7	56,6	67,8	83,3	60,4	71,3	85,1	56,5	70,1	84,1
55,1	69,5	85,5	60,2	71,0	84,1	54,6	65,9	82,9	59,1	70,4	85,2	56,6	70,3	84,7
55,0	69,2	83,3	62,4	72,3	86,8	52,5	64,9	81,4	62,5	72,9	85,1	57,3	71,1	84,2
57,8	70,5	84,8	50,5	66,8	83,7	56,1	67,5	82,1	58,0	69,4	82,5	55,6	69,4	84,2
63,1	73,2	87,1	54,9	68,4	82,1	56,5	67,1	82,6	57,5	70,3	85,8	62,4	73,3	84,9
63,0	73,4	87,1	55,8	68,5	83,1	53,4	67,4	83,4	57,6	69,2	84,6	57,7	70,4	82,8
60,9	72,4	86,4	58,3	69,6	83,8	56,8	67,7	83,0	54,9	69,2	85,4	61,2	72,6	85,4
61,3	71,9	86,6	54,8	68,3	83,8	52,6	65,2	80,5	53,9	68,0	84,0	62,9	74,4	87,0
64,9	74,5	87,4	55,9	68,7	83,5	50,8	64,1	80,2	58,8	69,8	83,6	60,7	71,8	85,3
65,7	75,5	88,1	59,0	72,1	86,1	57,4	69,4	84,5	59,4	69,3	84,1	59,3	71,6	85,8
60,5	72,0	83,9	53,3	66,6	82,5	55,2	66,6	81,3	53,8	66,4	83,3	58,2	72,0	84,6
64,3	73,5	86,9	58,8	66,8	81,4	56,1	69,7	84,6	59,0	69,8	85,4	61,7	73,7	84,8
63,3	75,0	87,5	61,0	72,7	86,0	54,3	65,2	82,2	52,4	67,5	83,1	54,8	68,5	83,5
63,9	72,9	85,8	58,2	70,0	84,7	59,1	69,1	83,6	57,9	69,2	84,4	59,2	72,2	85,4
53,3	65,4	84,0	57,2	68,3	83,1	56,5	67,4	82,9	57,0	71,3	86,7	56,3	69,9	83,4
62,5	72,5	87,0	61,4	71,1	83,4	54,0	68,2	82,2	58,3	70,3	84,0	62	74,3	87,2
64,2	73,6	86,9	60,0	69,4	85,4	51,8	65,2	81,3	55,8	68,5	83,4	59,8	72,6	84,9
62,9	73,6	85,0	56,5	68,8	81,9	50,9	63,6	77,7	58,6	69,7	85,2	55,9	70,9	84,3
62,3	73,6	87,3	61,3	72,7	86,7	58,3	69,8	84,7	62,7	74,5	86,1	56,9	69,0	93,8



Medições a Seco														
Amaciado														
Amostra 1			Amostra 2			Amostra 3			Amostra 4			Amostra 5		
20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
1,2	2,7	20,2	1,2	3,1	23,6	0,9	2,8	19,5	0,9	2,7	21	1,0	3,0	22,2
1,0	2,7	19,6	1,1	3,0	21,8	1,1	3,5	22,9	1,0	2,7	19,2	1,0	3,1	21,2
1,1	2,9	20,5	1,1	3,2	22,2	0,9	3,0	22,7	1,1	2,6	19,4	1,1	3,1	21,7
0,9	2,9	22,9	0,9	2,9	20,9	1,2	2,9	20,7	1,0	2,9	21,8	1,0	2,9	21,9
1,3	2,7	19,8	1,0	3,1	21,9	1,0	3,0	20,2	1,1	2,9	23	1,0	2,9	21,2
1,2	2,5	19,7	1,1	2,9	22,3	1,0	2,8	21,1	1,0	2,7	21,5	1,1	2,9	20,4
1,1	2,8	21,1	1,2	3,1	21,4	0,9	3,0	19,8	1,3	2,8	20,9	1,2	3,1	21,4
1,2	2,5	17,6	1,2	3,0	21,7	1,0	2,8	20,2	1,0	2,9	21,9	1,0	2,9	21,0
0,9	2,7	20,7	1,0	2,8	21,1	1,0	2,9	19,5	1,0	2,5	19,4	1,1	2,9	21,0
1,1	2,5	16,7	1,1	3,2	22,5	0,9	3,0	21,5	1,1	2,8	21,6	1,1	2,9	21,0
1,2	3,0	22,9	1,0	3,0	22,0	1,1	3,1	20,8	1,2	2,9	21,6	0,9	2,8	22,6
1,0	2,5	18,7	1,2	3,1	21,8	0,9	3,0	21,5	1,2	2,9	21,3	1,0	3,1	21,7
1,2	2,9	22,2	1,1	3,0	20,7	1,1	3,2	20,4	1,2	3,0	21,6	0,9	3,0	22,7
1,1	2,8	20,4	1,1	3,2	22,8	1,2	2,8	28,8	1,0	2,8	19,4	1,0	2,9	21,8
1,3	2,8	21,4	1,1	3,0	21,2	1,0	3,3	20,5	1,1	3,0	21,7	0,9	3,0	23,6
1,1	3,0	21,7	1,2	3,1	22,1	1,0	2,8	19,1	1,1	2,5	20,4	1,1	2,9	22,3
1,2	3,0	21,9	1,1	2,9	21,2	1,0	3,0	20,1	1,0	2,8	21,8	1,2	2,9	22,7
1,2	2,8	21,4	1,1	3,2	22,6	1,0	2,8	19,9	0,9	2,4	19	1,1	3,3	22,5
1,2	2,6	20,1	1,1	2,9	21,4	0,8	2,7	19,5	0,9	2,9	22	1,1	3,1	22,9
1,2	3,1	22,2	1,0	2,9	22,2	0,9	2,8	19,2	1,1	2,6	20	1,0	3,2	23,9



Medições a Seco														
Granalhado														
Amostra 1			Amostra 2			Amostra 3			Amostra 4			Amostra 5		
20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
1,2	1,3	-0,3	1,2	1,2	-0,4	1,3	1,3	-0,4	1,3	1,2	-0,3	1,3	1,3	-0,3
1,3	1,3	-0,3	1,4	1,3	-0,3	1,1	1,1	-0,4	1,1	1,3	-0,3	1,3	1,3	-0,4
1,3	1,3	-0,3	1,2	1,2	-0,3	1,1	1,2	-0,4	1,2	1,2	-0,4	1,2	1,2	-0,4
1,2	1,3	-0,2	1,4	1,2	-0,3	1,2	1,2	-0,4	1,3	1,3	-0,4	1,5	1,4	-0,4
1,4	1,2	-0,4	1,2	1,2	-0,3	1,2	1,2	-0,3	1,3	1,3	-0,3	1,2	1,2	-0,3
1,5	1,4	-0,2	1,2	1,2	-0,3	1,2	1,2	-0,4	1,0	1,1	-0,4	1,2	1,1	-0,4
1,4	1,3	-0,2	1,2	1,2	-0,3	1,2	1,2	-0,4	1,3	1,2	-0,4	1,5	1,3	-0,3
1,2	1,3	-0,2	1,2	1,3	-0,3	1,2	1,2	-0,3	1,0	1,1	-0,4	1,3	1,3	-0,3
1,3	1,4	-0,2	1,2	1,3	-0,3	1,4	1,3	-0,4	1,2	1,3	-0,4	1,3	1,2	-0,4
1,2	1,3	-0,2	1,4	1,3	-0,3	1,1	1,3	-0,3	1,2	1,2	-0,4	1,1	1,2	-0,4
1,2	1,2	-0,1	1,0	1,2	-0,3	1,0	1,1	-0,4	1,1	1,1	-0,4	1,4	1,3	-0,3
1,3	1,4	-0,1	1,4	1,3	-0,3	1,1	1,2	-0,4	1,1	1,1	-0,4	1,4	1,3	-0,4
1,3	1,4	-0,1	1,3	1,2	-0,3	1,1	1,2	-0,4	1,2	1,2	-0,3	1,3	1,3	-0,3
1,2	1,3	-0,2	1,2	1,2	-0,3	1,2	1,3	-0,3	1,4	1,3	-0,4	1,2	1,2	-0,4
1,2	1,3	-0,1	1,3	1,2	-0,3	1,0	1,1	-0,4	1,2	1,2	-0,4	1,3	1,3	-0,3
1,2	1,3	-0,2	1,3	1,3	-0,3	1,4	1,3	-0,3	1,3	1,2	-0,4	1,4	1,3	-0,3
1,3	1,2	-0,2	1,3	1,3	-0,3	1,4	1,3	-0,3	1,3	1,2	-0,4	1,2	1,2	-0,4
1,3	1,2	-0,2	1,3	1,3	-0,2	1,1	1,2	-0,4	1,3	1,3	-0,3	1,2	1,1	-0,3
1,3	1,5	-0,2	1,3	1,2	-0,3	1,3	1,2	-0,4	1,4	1,2	-0,4	1,2	1,2	-0,3
1,3	1,3	-0,2	1,3	1,3	-0,3	1,2	1,4	-0,3	1,3	1,1	-0,4	1,3	1,2	-0,4



Medições a Seco														
Flamejado														
Amostra 1			Amostra 2			Amostra 3			Amostra 4			Amostra 5		
20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
1,2	2,0	0,0	1,5	3,0	0,2	1,2	2,4	0,1	1,4	2,4	0,2	1,1	2,5	0,1
1,3	2,6	0,4	1,3	2,5	0,2	1,3	2,3	0,2	1,1	2,1	0,0	1,2	2,2	0,0
1,3	2,5	0,3	1,2	2,5	0,2	1,4	2,6	0,2	1,5	2,2	0,0	1,5	2,3	-0,3
1,5	2,2	0,2	1,2	2,3	0,1	1,4	2,4	0,0	1,3	2,3	0,0	1,4	2,1	-0,2
1,4	2,6	0,5	1,4	2,6	0,1	1,0	2,2	0,0	1,2	2,3	0,1	1,6	2,8	0,1
1,6	2,2	0,3	1,2	2,4	0,2	1,3	2,4	0,1	1,3	2,5	0,1	1,2	2,4	0,1
1,4	2,6	0,5	1,3	2,2	0,1	1,3	2,4	0,2	1,4	2,6	0,3	1,3	2,6	0,2
1,5	2,6	0,2	1,2	2,4	0,1	1,3	2,4	0,2	1,3	2,9	0,2	1,5	3,0	0,5
1,4	2,8	0,2	1,2	2,2	0,2	1,3	2,2	0,0	1,4	2,2	-0,1	1,0	2,3	0,1
1,3	2,5	0,3	1,3	2,4	0,3	1,2	2,6	0,2	1,1	2,6	0,2	1,0	2,3	0,0
1,6	2,6	0,2	1,3	2,5	0,2	1,3	2,5	0,0	1,3	2,2	0,1	1,3	2,4	0,1
1,5	2,5	0,3	1,3	2,6	0,1	1,3	2,4	0,1	1,6	2,8	0,1	1,1	2,5	0,1
1,4	2,1	0,2	1,4	2,3	0,1	1,0	1,9	0,0	1,1	2,5	0,0	1,2	2,5	0,1
1,1	1,8	0,3	1,3	2,4	0,2	1,4	2,7	0,2	1,2	2,2	0,1	1,4	2,3	0,1
1,2	2,1	0,2	1,4	2,3	0,1	1,4	2,7	0,1	1,2	2,3	0,2	1,2	2,4	0,2
1,4	2,5	0,2	1,4	2,4	0,2	1,3	2,5	0,0	1,1	2,3	0,0	1,4	2,6	0,3
1,4	2,4	0,4	1,2	2,4	0,4	1,3	2,3	0,1	1,5	2,5	0,0	1,2	1,9	-0,2
1,1	2,0	0,0	1,3	2,4	0,1	1,2	2,2	0,0	1,4	2,2	0,1	1,3	2,8	0,1
1,2	2,1	0,2	1,3	2,2	0	1,4	2,3	0,1	1,4	2,6	0,2	1,1	2,3	0,0
1,3	2,4	0,3	1,2	2,3	0,2	1,5	2,3	0,1	1,5	2,8	0,2	1,0	2,5	0,2



Medições a Seco														
Serrado														
Amostra 1			Amostra 2			Amostra 3			Amostra 4			Amostra 5		
20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
1,0	1,1	-0,2	1,1	1,2	-0,2	1,0	1,1	-0,2	0,9	1,2	-0,1	0,8	1,1	-0,1
1,1	1,2	-0,2	0,9	1,2	-0,2	1,1	1,2	-0,3	0,8	1,2	-0,1	0,9	1,2	-0,2
1,1	1,2	-0,3	1,0	1,1	-0,2	1,0	1,1	-0,3	0,8	1,1	0,0	1,1	1,2	-0,1
1,2	1,2	-0,2	0,9	1,1	-0,2	1,0	1,2	-0,2	0,9	1,1	0,0	0,8	1,1	-0,1
1,1	1,2	-0,2	0,9	1,1	-0,2	1,4	1,3	-0,2	0,8	1,1	0,0	0,7	1,1	-0,1
1,0	1,2	-0,1	1,0	1,2	-0,2	0,9	1,1	-0,3	1,0	1,2	0,0	0,9	1,1	-0,2
1,2	1,3	-0,1	0,9	1,1	-0,3	1,0	1,2	-0,2	0,9	1,1	-0,1	0,9	1,1	-0,2
1,0	1,1	-0,2	0,9	1,1	-0,2	1,1	1,2	-0,2	0,8	1,1	0,0	0,8	1,2	-0,1
1,1	1,2	-0,2	0,9	1,1	-0,2	0,9	1,1	-0,3	0,9	1,2	0,0	0,7	1,0	-0,2
1,1	1,2	-0,2	1,2	1,2	-0,2	0,9	1,1	-0,3	0,9	1,2	0,0	1,0	1,2	-0,2
1,1	1,2	-0,1	1,1	1,2	-0,2	1,0	1,3	-0,2	0,8	1,1	-0,1	0,8	1,1	-0,1
1,2	1,2	-0,1	1,0	1,1	-0,2	1,0	1,1	-0,3	0,8	1,2	0,0	1,1	1,2	-0,2
0,9	1,1	-0,2	1,0	1,1	-0,2	1,1	1,2	-0,2	0,9	1,2	0,0	1,0	1,2	-0,1
1,2	1,3	-0,1	1,1	1,1	-0,2	1,1	1,2	-0,2	0,8	1,1	0,1	1,0	1,2	-0,1
1,1	1,3	-0,2	1,1	1,2	-0,2	1,0	1,1	-0,2	0,7	1,2	0,0	0,9	1,2	-0,1
1,3	1,3	-0,2	0,9	1,1	-0,2	0,9	1,1	-0,2	0,8	1,1	0,0	0,9	1,1	-0,2
1,1	1,2	-0,2	1,0	1,2	-0,2	1,0	1,1	-0,3	0,8	1,2	-0,1	1,0	0,2	-0,2
1,2	1,3	-0,2	0,9	1,1	-0,1	0,9	1,2	-0,2	0,8	0,1	0,0	1,0	1,1	-0,2
1,0	1,2	-0,2	0,9	1,1	-0,2	0,9	1,2	-0,2	0,9	1,1	0,0	0,9	1,1	-0,2
1,1	1,2	-0,2	1,1	1,3	-0,2	0,8	1,1	-0,2	0,9	1,1	-0,1	0,9	1,1	-0,1



Medições a Molhado														
POLIDO														
Amostra 1			Amostra 2			Amostra 3			Amostra 4			Amostra 5		
20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
34,9	55,2	75,1	39,8	58,1	77,8	39,9	58,1	80,5	38,4	58,6	80,8	41,9	59,8	83,5
36,0	56,2	78,4	36,5	57,2	76,3	35,3	57,5	78,7	39,5	58,6	81,3	42,2	60,3	82,9
43,1	58,6	84,5	34,3	54,9	75,3	38,2	58,3	80,4	30,3	52,4	73,1	43,6	60,6	80,5
41,1	59,4	87,1	40,5	59,7	76,9	33,1	54,9	77,2	37,4	58,5	76,7	34,0	53,5	78,4
37,5	57,9	83,1	42,2	60,3	85,1	33,5	55,1	77,7	42,0	57,3	75,4	38,5	57,0	81,3
38,4	58,6	81,0	43,5	60,7	84,8	36,8	55,1	72,4	44,2	60,3	74,7	34,8	54,5	76,0
44,3	59,9	86,9	43,2	60,9	86,9	42,3	58,6	75,5	40,9	59,8	81,4	32,1	53,4	78,2
43,0	60,5	80,5	35,4	56,7	77,2	42,1	58,8	76,8	41,4	60,3	84,9	39,3	55,6	76,0
39,0	58,0	80,0	32,2	55,9	77,0	43,3	60,4	77,5	41,6	60,3	54,6	33,5	50,6	73,2
39,2	58,7	84,7	34,5	56,8	74,4	42,3	59,0	84,2	37,2	58,6	80,6	41,5	58,9	51,9
41,6	47,0	79,4	34,6	55,8	76,0	41,7	59,6	83,6	40,4	59,9	85,1	33,8	55,4	79,5
40,9	52,8	71,1	33,5	54,8	72,8	34,4	57,1	80,5	32,8	56,0	76,5	33,3	55,8	82,5
43,3	56,9	84,3	43,4	60,0	84,2	30,5	53,5	73,7	33,6	52,6	71,9	29,8	53,6	73,5
43,5	60,1	82,6	35,0	56,8	79,1	33,4	54,1	74,0	33,3	55,7	75,3	32,0	57,2	79,1
42,5	59,7	81,8	32,4	54,8	80,5	33,6	55,7	76,6	30,9	53,5	74,3	40,2	55,1	74,5
40,2	58,5	81,1	38,8	58,7	83,3	33,3	55,0	77,0	37,9	56,4	74,6	31,4	46,1	71,3
33,4	57,1	77,8	38,1	56,3	77,9	35,3	54,1	71,5	34,7	55,3	71,5	30,5	52,6	71,9
34,2	56,0	77,5	36,4	57,8	79,8	40,3	58,4	81,3	28,8	49,3	70,6	28,8	51,1	71,0
31,8	55,4	77,2	34,8	51,5	73,6	40,2	58,8	81,4	44,4	56,5	74,7	35,3	56,9	81,0
35,2	56,0	76,6	37,0	59,1	75,1	42,6	59,2	79,5	37,9	55,3	72,5	35,3	56,9	81,0



Medições a Molhado														
Amaciado														
Amostra 1			Amostra 2			Amostra 3			Amostra 4			Amostra 5		
20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
26,6	54,7	77,8	30,6	55,9	81,2	34,3	56,1	82,2	32,0	55,5	80,6	32,7	54,7	78,6
26,6	53,0	73,9	24,3	53,2	76,8	35,7	56,9	82,8	29,0	54,7	79,8	33,5	56,1	82,8
27,6	54,3	77,3	25,5	51,9	72,4	28,3	53,9	74,2	31,8	54,1	79,9	33,9	56,3	82,5
28,2	54,7	80,9	28,2	55,0	75,0	32,2	54,7	78,5	36,8	56,9	85,1	29,5	57,1	79,58
30,3	56,0	81,3	28,4	54,8	80,8	25,5	52,5	72,6	35,0	56,9	82,8	37,6	57,9	87,1
35,8	57,7	81,8	35,0	56,7	80,9	32,2	55,3	80,5	32,9	56,0	82,0	37,6	57,5	87,8
27,1	54,8	75,0	28,0	54,9	81,2	36,7	57,9	85,8	33,5	56,8	82,3	37,6	57,8	87,8
30,5	55,4	77,0	25,9	54,5	77,4	31,2	54,4	82,2	33,8	56,3	80,6	30,8	53,6	81,7
34,5	55,4	82,3	27,6	54,3	75,4	28,7	54,4	79,5	31,9	54,9	75,6	33,3	56,8	83,1
34,1	56,9	81,1	32,6	57,1	83,7	34,2	56,3	81,6	34,1	56,9	83,8	32,8	56,2	83,0
31,1	56,5	76,0	35,1	57,6	83,5	32,1	55,2	79,8	31,9	55,3	82,4	64,8	56,3	85,4
29,4	53,7	79,4	34,4	57,4	84,8	32,5	56,9	83,5	32,0	55,4	82,0	26,6	53,4	76,8
34,9	57,2	82,9	25,6	53,5	76,4	34,2	57,6	82,8	32,1	55,2	81,8	32,4	55,9	81,5
34,1	57,8	85,2	29,8	56,5	79,7	28,6	54,7	79,7	27,2	52,4	78,6	28,2	53,5	77,6
29,7	55,1	78,7	27,5	52,6	79,5	30,6	55,0	79,8	28,4	54,6	80,8	25,7	53,0	80,2
25,9	55,8	80,7	24,4	53,6	74,5	32,2	55,5	78,7	30,1	54,5	81,7	35,2	54,4	85,5
25,7	52,7	74,9	32,1	56,4	78,8	31,1	55,8	82,3	36,0	57,2	82,2	33,0	55,7	82,0
32,8	56,7	84,0	34,9	57,6	82,2	31,0	55,0	77,9	34,3	56,7	84,2	33,3	55,8	84,6
29,7	55,9	81,2	27,1	54,3	77,5	30,6	55,4	79,8	29,7	54,0	78,3	32,0	55,3	81,2
27,0	53,4	74,2	29,7	55,5	78,2	29,9	54,3	78,7	31,7	55,8	84,5	28,5	53,9	81,2



Medições a Molhado														
Granalhado														
Amostra 1			Amostra 2			Amostra 3			Amostra 4			Amostra 5		
20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
0,6	1,3	0,1	0,7	1,2	0,0	0,7	1,4	0,1	0,5	1,5	0,2	0,8	1,5	0,2
0,9	1,6	0,1	0,7	1,2	-0,1	0,6	1,4	0,1	0,6	1,7	0,3	0,5	1,3	0,1
0,7	1,5	0,3	0,7	1,1	-0,1	0,6	1,4	0,0	0,6	1,5	0,1	0,6	1,3	0,0
0,6	1,5	0,2	0,6	1,2	0,0	0,6	1,5	0,2	0,5	1,6	0,4	0,8	1,2	-0,1
0,6	1,5	0,2	0,5	1,1	-0,1	0,7	1,4	0,1	0,7	1,6	0,2	0,8	1,2	0,0
0,6	1,1	-0,1	0,8	1,2	0,1	0,8	1,5	0,1	0,7	1,3	0,1	0,5	1,4	0,1
0,6	1,1	-0,1	0,4	1,0	0,0	0,7	1,4	0,0	0,7	1,5	0,1	0,8	1,5	0,1
0,8	1,3	0,0	0,5	1,2	0,1	0,4	1,3	0,0	0,6	1,5	0,1	0,6	1,4	0,3
0,5	1,3	0,1	0,6	1,4	0,2	0,5	1,2	0,1	0,6	1,3	0,1	0,7	1,2	0,0
0,8	1,3	-0,1	0,5	1,3	0,1	0,5	1,2	0,0	0,5	1,4	0,2	0,8	1,4	0,1
0,6	1,2	-0,1	0,7	1,1	-0,1	0,6	1,3	0,0	0,7	1,3	0,1	0,7	1,2	-0,1
0,6	1,3	0,0	0,6	1,2	0,1	0,6	1,3	0,0	0,8	1,2	-0,1	0,8	1,3	0,0
0,8	1,4	0,1	0,7	1,2	0,0	0,6	1,3	0,0	0,7	1,1	-0,1	0,6	1,2	-0,1
0,5	1,3	0,1	0,7	1,2	0,1	0,5	1,2	0,0	0,7	1,0	-0,2	0,7	1,2	-0,1
0,8	1,4	0,0	0,8	1,2	0,1	0,7	1,2	0,0	0,7	1,2	-0,1	0,7	1,3	0,0
0,6	1,2	0,0	0,5	1,4	0,2	0,3	1,0	0,0	0,7	1,3	0,1	0,7	1,3	0,0
0,7	1,2	-0,1	0,7	1,3	0,2	0,5	1,2	0,1	0,5	1,3	0,1	0,8	1,5	0,2
0,6	1,4	0,1	0,6	1,3	0,2	0,6	1,3	0,0	0,6	1,4	0,2	0,6	1,2	-0,1
0,5	1,1	-0,2	0,7	1,4	0,3	0,5	1,1	0,0	0,5	1,1	-0,1	0,7	1,2	0,0
0,7	1,3	-0,1	0,6	1,2	0,0	0,7	1,3	0,0	0,6	1,1	-0,1	0,7	1,3	0,0



Medições a Molhado														
Flamejado														
Amostra 1			Amostra 2			Amostra 3			Amostra 4			Amostra 5		
20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
0,8	3,2	1,4	0,9	2,9	1,1	0,7	3,2	1,5	0,9	2,8	0,5	0,9	2,7	0,6
0,9	2,7	1,0	0,7	3,1	1,0	0,8	3,4	1,3	1,0	2,8	0,6	0,9	2,6	0,5
0,7	2,2	0,8	0,8	2,7	0,9	0,6	2,8	1,1	1,0	2,5	0,2	0,7	2,4	0,4
0,9	2,6	0,6	0,6	2,4	0,7	0,7	3,3	1,3	0,7	2,8	0,8	0,7	2,3	0,2
0,9	2,2	0,6	0,7	2,4	0,9	0,6	3,0	1,5	0,9	2,6	0,8	0,8	2,4	0,4
0,7	2,9	1,2	0,7	2,1	0,8	0,7	2,9	1,0	0,6	2,0	0,2	0,7	2,2	0,3
0,7	3,0	1,4	0,7	2,4	0,7	0,6	2,7	0,9	0,6	2,2	0,4	0,7	2,9	0,9
0,8	3,2	1,3	0,7	2,6	0,8	0,8	2,8	1,0	0,6	2,1	0,4	0,8	2,5	0,8
0,8	3,0	1,3	0,5	2,2	0,6	0,8	3,1	1,2	0,8	2,6	0,4	0,6	2,1	0,2
0,7	2,6	0,9	0,9	3,0	0,9	0,6	2,8	0,9	0,6	2,2	0,3	0,7	2,0	0,2
1,0	3,1	1,4	0,6	2,5	0,9	0,7	3,0	1,1	1,0	2,6	0,4	0,6	2,3	0,4
0,9	3,2	1,3	0,7	2,5	0,8	0,7	3,0	1,2	0,9	2,3	0,4	0,8	2,4	0,2
1,0	3,2	1,8	0,7	2,5	0,8	0,7	3,3	1,3	1,0	2,2	0,3	0,6	2,2	0,4
0,9	2,7	0,9	0,7	2,7	0,9	0,6	2,9	1,1	1,0	2,2	0,3	0,9	2,2	0,2
0,7	3,3	1,7	1,0	2,5	0,7	0,6	3,1	1,1	0,7	2,1	0,3	0,7	2,4	0,4
0,8	2,3	1,0	0,7	2,9	1,1	0,9	3,4	1,4	0,8	2,3	0,2	0,8	2,4	0,4
0,9	2,8	1,1	0,8	2,6	0,6	0,7	2,8	1,0	0,8	2,1	0,3	0,7	2,2	0,3
1,1	2,7	0,9	0,5	2,3	0,8	0,6	2,9	0,9	0,9	2,4	0,3	0,8	2,2	0,3
0,8	2,4	0,9	0,7	2,8	0,9	0,7	2,4	0,9	0,7	2,1	0,2	0,9	2,2	0,4
0,7	2,5	1,2	0,7	2,3	0,7	0,6	2,9	0,9	0,8	2,4	0,3	0,7	2,0	0,4



Medições a Molhado														
Serrado														
Amostra 1			Amostra 2			Amostra 3			Amostra 4			Amostra 5		
20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
0,4	1,9	0,8	0,6	1,6	0,5	0,7	1,7	0,6	0,5	1,8	0,8	0,3	1,8	0,6
0,5	1,8	0,7	0,6	1,5	0,4	0,6	1,8	0,7	0,4	1,6	0,6	0,4	1,5	0,5
0,4	1,8	0,8	0,5	1,4	0,4	0,5	1,7	0,6	0,4	1,8	0,7	0,3	1,5	0,6
0,7	2,0	1,0	0,3	1,0	0,3	0,5	1,9	0,9	0,3	1,4	0,4	0,4	1,5	0,5
0,5	1,8	0,8	0,5	1,4	0,3	0,6	1,4	0,3	0,4	1,7	0,7	0,4	1,4	0,4
0,3	1,6	0,7	0,3	1,4	0,4	0,4	1,5	0,4	0,5	1,5	0,5	0,7	1,4	0,3
0,6	1,7	0,8	0,5	1,7	0,6	0,6	1,5	0,4	0,4	1,4	0,4	0,4	1,2	0,3
0,4	1,7	0,7	0,6	1,4	0,3	0,6	1,7	0,5	0,4	1,3	0,3	0,3	1,2	0,2
0,4	1,6	0,6	0,6	1,4	0,3	0,4	1,4	0,4	0,3	1,4	0,3	0,5	1,3	0,3
0,5	1,7	0,7	0,6	1,3	0,4	0,6	1,6	0,5	0,3	1,3	0,3	0,3	1,4	0,6
0,7	1,9	0,8	0,4	1,4	0,4	0,4	1,6	0,8	0,4	1,3	0,3	0,4	1,3	0,3
0,4	1,8	0,9	0,4	1,2	0,2	0,5	1,5	0,6	0,5	1,5	0,4	0,5	1,1	0,1
0,4	1,7	0,7	0,6	1,4	0,3	0,5	1,4	0,2	0,4	1,3	0,3	0,5	1,3	0,3
0,8	1,6	0,5	0,5	1,3	0,3	0,5	1,5	0,4	0,5	1,6	0,6	0,5	1,2	0,2
0,5	1,7	0,6	0,6	1,5	0,4	0,3	1,2	0,2	0,5	1,6	0,6	0,5	1,1	0,2
0,6	1,6	0,6	0,5	1,3	0,2	0,4	1,2	0,2	0,5	1,6	0,6	0,4	1,1	0,2
0,4	1,9	0,9	0,3	1,2	0,2	0,5	1,6	0,5	0,4	1,5	0,5	0,5	1,2	0,1
0,7	1,7	0,7	0,3	1,5	0,5	0,5	1,4	0,3	0,3	1,4	0,5	0,6	1,6	0,6
0,5	1,8	0,7	0,4	1,7	0,6	0,4	1,4	0,3	0,4	1,5	0,5	0,5	1,4	0,5
0,7	1,7	0,6	0,5	1,5	0,6	0,5	1,5	0,4	0,5	1,4	0,5	0,5	1,4	0,4



ANEXO 4 - ARTIGO ELABORADO DURANTE A DISSERTAÇÃO

Contribution Evaluation of "Branco Micaela" granite used in facades, for the safety of workers

Paula Braga^{1,2} [0000-0001-6962-5453], João Gonçalves³ [0000-0002-4404-8765], Carlos Oliveira^{5,2} [0000-0001-9632-7339], José António F.O. Correia⁶ [0000-0002-4148-9426], J.F. Silva⁵ [0000-0002-1616-5542] and Cristina Reis^{1,2,4} [0000-0002-2248-3942]

¹ Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal
crisreis@utad.pt and plsilva@utad.pt

² INEGI, FEUP, Portugal

³ Transgranitos - Mármore e Granitos do Alto Tâmega Lda.
joaoemgoncalves@gmail.com

⁴ Construct, FEUP, Portugal

⁵ Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal
carlosoli@estg.ipv.pt and jsilva@estg.ipv.pt

⁶ Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
jacorreia@inegi.up.pt

Abstract. The construction of a building must obey to some standards. In Germany, the standards that are used are DIN standards. Transgranitos, a Portuguese company, located in Vila Pouca de Aguiar, in order to be able to export facades of "Branco Micaela" granite, had the need to test the granite to meet this standards, namely, DIN EN 13364:2002-02 and DIN 52108 standards. In this paper we present the test results that Transgranitos needed to perform to meet the German requirements and the motives that make them so important in a safe building construction.

Keywords: granite, facades, Transgranitos, DIN

1 Introduction

The subject of the present work is the regulation of the properties of granite for use in facades. Natural stone is one of the materials that, due to its resistance, durability and aesthetic quality have been used since the beginnings of mankind. Nowadays, due to the technological evolution there is a wide variety of stones for all type of coatings. The use of granite on facades is regulated to meet the parameters of quality, durability and resistance. In this article it was proposed to study the "Branco Micaela" granite and to determine if it satisfies the parameters required for its use in facades, according to German legislation, [4,5].



Fig. 1. Granite "Branco Micaela"



2 Granite

2.1 Branco Micaela

The granite quarries of "Branco Micaela" are located in the massive granite of Aguiar da Beira, in Guarda district, Portugal. It is light, grey granite, and its grain size is fine to medium. This granite consists essentially of two micas and it is a homogeneous material. The observed heterogeneities, biotitic lineages and enclaves are uncommon and generally present a reduced size, thus not affecting the commercial value of granite, [1].

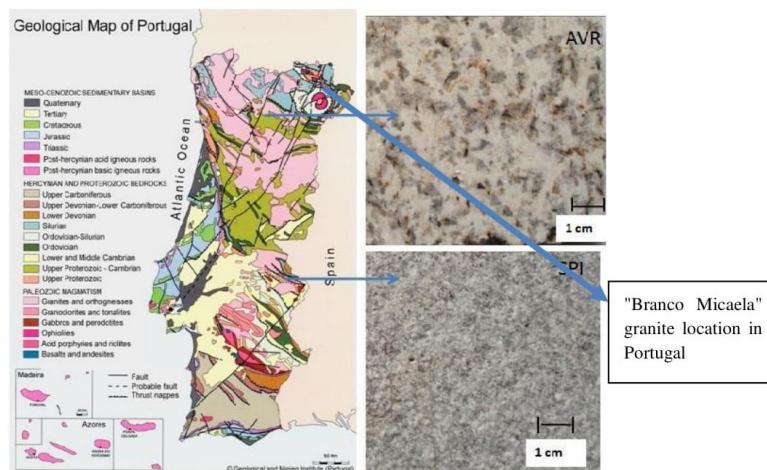


Fig 2. Geological Map of Portugal (LNEG edition) with identification of the studied granite [2]

This stone is especially indicated as building stone, countertops, sinks, monuments, pool coping, sills, ornamental stone, interior, exterior, wall, floor, paving and other design projects. It is also called Branco Aguiar Granite, Blanco Michaela Granite, Blanco Miquela Granite, Branca Michaela Granite, Branco Micaela Granite, Branco Michaela Granite, Branco Micaela Granite, Granito Branco Micaela. Branco Micaela can be processed into polished, sawn cut, sanded, rock faced, sandblasted, tumbled and so on [3].



2.2 Transgranitos, Lda

Founded in 1990, Transgranitos - Mármore e Granitos do Alto Tâmega Lda., is located in Trás-os-Montes, with its headquarters in Telões, Vila Pouca de Aguiar. It is inserted in a land of 50,000 m². It began as a company of extraction and transformation of granite, for decorative and coating purposes, to be used mainly in civil construction. Later, in 2009, it was complemented the range of offerings with marbles and limestones. A new unit was built for the processing of these raw materials. In addition to the processing of raw materials from quarries, it was experienced the reception and processing of rocks from other sources, both National and imported from Europe and other Continents. Transgranitos produces all kinds of surface finishes: polished, softened, buffed, flamed, sanded, shredded or sawed. Recently, the company also offers the textured finish, which runs on numerical control equipment and can take on a variety of forms.

2.3 Type area

DIN standards ("Deutsches Institut für Normung") are the technical standards for the quality assurance of industrial and scientific products in Germany. These represent regulations that operate on commerce, industry, science, and public institutions related to the development of German products. DIN performs the same functions as international standards such as ISO.

In order to comply with the DIN standards, Transgranitos had to submit the "Branco Micaela" granite to laboratory tests to verify that the material met the German quality parameters. For a stone to be applied on a facade it must comply with the following standards: DIN EN 13364: 2002-02 and DIN 14157, [4, 5].

The DIN EN 13364: 2002-02 standards [4], are used to determine the breaking load on a hole in the ventilated facade from natural stone. The load that the stone can carry in the hole of the facade is determined by mechanical tests made in the laboratory. If the stones meet the parameters of the standard they can be used in ventilated facades, thus deciding the installation and anchoring options of the corresponding natural stone facade.

DIN EN 14157[5], is used to test abrasion resistance. The facades as they are applied outdoors are in contact with several agents that may cause erosion. As such, this standard serves to prevent the stone failure during the lifetime of the façade.

3 Experimental Test

The tests set out in this work have been carried out in the laboratories of the "DAkkS Deutch Akkreditierungsstelle GmbH". A German accredited laboratory D-PL-11117-01-00, certified by DIN EN ISO 9001, DIN EN ISO 14001 and OHASAS 18001.

3.1 DIN EN 13364: 2002-02

For the certification of "Branco Micaela" granite, according to DIN EN 13364: 2002-02 [4], parallel pieces were used, with dimensions of 200mm x 200mm x 40mm. A hole with a diameter of 10 mm was made in the parallel pieces. The sample was fixed in a dowel, made with cement, as it may be seen on figure 3. In total, about 10 samples were used.

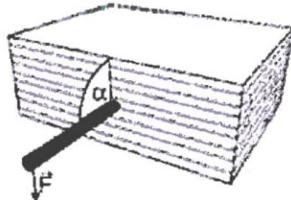


Fig 3. Test specimen, [4].

A force was applied in the dowel until it reached the breaking load.

Table 1. Results of the tests for DIN EN 13364: 2002-02

Sample nº	Dimensions at breaking point (mm)			Fracture load	
	d	d1	bA	N	In xi
1	41	14	38	3900	8.269
2	41	12	50	3000	8.006
3	41	14	46	3750	8.230

4	41	15	57	3550	8.175
5	41	14	47	4000	8.294
6	41	14	42	3800	8.243
7	41	14	48	4150	8.331
8	41	14	49	4500	8.412
9	40	14	45	3750	8.230
10	40	14	48	4050	8.306
			Max 57		
Mean Value				3845	8.249
Standard Devi- ation				396	0.108
Variation Coef- ficient				0.103	0.013
Lower expected value					3052

In this table **d** is the thickness of the sample, **d1** is the distance to the hole and **bA** is the maximum size rupture, relative to the dowel center.

3.2 DIN EN 14157

For the certification of "Branco Micaela" granite, according to DIN EN 14157 [5], parallelepipedes were used, with 71 mm x 71 mm x 25 mm dimensions. In this kind of tests only 3 samples were used to verify if the rock meets the parameters.



Fig. 4. Abrasion test.

**Table 2.** Table Test results for DIN EN 14157

Sample nº	Dry bulk density g/cm ³	Abrasion loss cm ³ /50cm ²
1	2.61	5.0
2	5.59	4.4
3	2.59	5.0
Mean Value	2.59	4.8

4 Workers Safety

Mining industry due to its great technical challenges continues to be one of the main high-risk industries. It is essential to take care of the safety of workers in quarrying and processing [6]. There is the risk associated with the inhalation of dust particles, namely silica, which are released, as it may be seen in the previous chapters, quite considerably, and have dimensions in the order of nanoparticles. These particles, that are often not seen, will enter the airways and after a few years will have serious consequences for the health of workers. Silica exists in the composition of the granites in about 48% to 60%.

The effects of exposure to silica, especially crystalline silica (0.5–10 µm), have been associated with silicosis (a form of fibrotic lung disease), emphysema [13] and was considered as a carcinogen by the International Agency for Research on Cancer in 1997 [7]. Although there are other sizes of particles released, the effects of chronic exposure to nanosilica (<100 nm), for example, is still controversial, [8].

Silicosis is one of the most important professional/occupational diseases according to the regulatory decree of 76/2017 of 17 July. There are also risks associated with noise and vibration, caused by machines operating in this type of industry. Risks associated with ultraviolet radiation, particularly in the summer, thermal discomfort caused by heat and intense cold. Muscle skeletal injuries associated with handling of loads made without any care, entrapment / crushing, as well as falls level or even height.

OSHA respirator regulation mandates that employers ensure that workers are trained annually so they can understand the importance of respiratory protection and give a course how to properly use and take care of their equipment. This education consists in, [9]:

- Why respirators are needed;
- What protection a respirator can or cannot offer;
- How to properly inspect, put on, take off and use a respirator;
- How to perform a “user seal check”;
- What to do in emergency situations, including what to do if the respirator does not work properly;



- How to recognize medical signs and symptoms that may limit or prevent workers from using a respiratory;
- How improper fit, use or maintenance can reduce effectiveness;
- Maintenance and storage procedures;

Respirators should be checked before each use and during washing, and users must follow the manufacturer's user advices for specific inspection and conservation procedures. Emergency respirators should be inspected at least monthly and before and after every use. Consider issues like:

- Respiratory function;
- Tightness and connection;
- Pliability of elastomeric parts;
- The condition of various parts including the facepiece, head straps, valves, connecting tube, cartridges, canisters or filters.

It is necessary for workers to wear respiratory protective devices to protect the respiratory tract; these must be dust masks of the combined type, as shown in figure 5. These masks can protect main diseases associated with the inhalation of hazardous dusts like Benign pneumoconiosis, pneumoconiosis, pneumonitis, mesothelioma of pleura and lung cancer, [10].



Fig. 5. Anti-dust masks - Elettro Respiratori Cleanspace-2,[12].

This type of equipment cannot, and should not, be shared by workers. Masks must be appropriate to the type of agent to which workers are exposed. Before use, check the belts, the seals, the validity, the condition of the belt. During the exposure period the mask should not be removed.

5 Conclusion

The tests carried out allowed Transgranitos to produce and export facades of “Branco Micaela” granite to Germany, since it was determined that they comply with DIN standards.

Breaking load at dowel-hole tests should be one of the studied characteristics when stone is applied in a ventilated façade and the obtained results show that “Branco Micaela”, presents average breaking values of 3845N.

The mean abrasion loss was determined as $4.8 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ for a dry bulk density of 2.59g/cm^3 .



Emphasis is placed on the need for workers to use personal protective equipment when working in quarries, or extractive industries, as it is found that airborne particles are very small in size and can affect the airways.

References

1. Gonçalves, B. & Sousa, L.: Artificial weathering tests in polished granites. Livro Actas do VII Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território. Editores Pacheco FAL, Coke CJM, Lourenço JMM, Costa MRM, Vaz N, pp. 3-10, UTAD (2013).
2. V. Pires, L. G. Rosa, V. Infante, P. M. Amaral, A. Pacheco: Effect of Dowell Fixing Conditions on Anchorage Rupture Loads and Rupture Angles of two Portuguese Granites, XIII Portuguese Conference on Fracture (2012).
3. <http://www.stonecontact.com/branco-micaela/s9934>, last accessed 2018/11/15.
4. DIN EN 13364, Ausgabe: 2002-02, Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Ausbruchlast am Ankerdornloch (2002).
5. DIN EN 14157: 2004, Natural stone test methods - Determination of the abrasion resistance; German version (2004).
6. Duarte J., Santos Baptista J., A.T. Marques: Evidence of occupational accidents with equipment in mining – a systematic review protocol. doi:10.24840/2184-0954_002.002_0009, International Journal of Occupational and Environmental Safety, 2018.
7. Wong O.: The epidemiology of silica, silicosis and lung cancer: some recent findings and future challenges. Ann Epidemiol, Jul 12(5) pp. 285–287. Elsevier. 2002.
8. Murugadoss, S., Lison, D., Godderis, L., Van Den Brule, S., Mast, J., Brassinne, F., & Hoet, P. H.: Toxicology of silica nanoparticles: an update. Archives of toxicology. Sep 91(9), pp 2967-3010. Doi: 10.1007/s00204-017-1993. Springer (2017).
9. <https://safetyequipment.org/knowledge-center-items/5-things-to-remember-for-new-silica-dust-regulations/>, last accessed 2018/11/7.
10. http://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/EN/Safety/Dust_EN.htm, last accessed 2018/11/3.
11. Santos M, Almeida A.: Principais Riscos e Fatores de Risco Laborais, Doenças Profissionais e Medidas de Proteção Recomendadas em Função do Contato com Granito e Mármore, Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional, Online, 16 de Março de 2016.
12. <https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fkasco.eu%2Fdispositivi-protezione-individuale%2Frespiratore>, last accessed 2018/12/4.
13. Leung CC, Yu ITS, Chen W. Silicosis. Volume 379. April 24, pp 2008–2018. doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60235-9. Lancet. (2012).