

boletim da aproged #35

Associação dos Professores de Geometria e de Desenho

ISSN 2183-1939 (edição impressa)

ISSN 2184-4933 (edição digital)

DEZEMBRO . 2021

APROGED

ASSOCIAÇÃO DOS PROFESSORES
DE GEOMETRIA E DE DESENHO



Fernando Bensabat e Beatriz Montenegro, 2020
Arco da Rua Augusta, Lisboa

APROGED
ASSOCIAÇÃO DOS PROFESSORES
DE GEOMETRIA E DE DESENHO
Escola Artística de Soares dos Reis
Rua Major David Magno, 139
4000-191 Porto, Portugal
aproged@aproged.pt | www.aproged.net

Editores: Vasco Cardoso e Vera Viana
Design: Vera Viana

Capa:
Fernando Bensabat e Beatriz Montenegro (2020)
Arco da Rua Augusta, Lisboa
Aquarela sobre tela (coleccção particular)
Fotografia: José Fernando do Prado.

ISSN 2183-1939 (edição impressa)
ISSN 2184-4933 (edição digital)
N.º de exemplares impressos: 40
Depósito legal: 186158/02
Impressão: Nozzle, Lda. (nozzle@sapo.pt)

Nenhuma transcrição, cópia, tradução ou transmissão é permitida sem autorização dos Autores.

As opiniões expressas são da exclusiva responsabilidade dos respectivos autores e não reflectem, necessariamente, as opiniões da Aproved ou dos Editores deste Boletim.

No transcription, copy, translation or transmission is allowed without the Authors' permission.

The opinions expressed herein are the sole responsibility of the Authors and do not necessarily reflect the opinions of Aproved or the Editors of this Bulletin.



BOLETIM DA APROGED #35
Dezembro de 2021

ISSN 2183-1939 (edição impressa)
ISSN 2184-4933 (edição digital)

ÍNDICE

Vasco Cardoso e Vera Viana EDITORIAL	007
Fernando Bensabat HIC SUNT DRACONES	009
Alexandra Paio DESAFIOS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO DO SÉCULO XXI. A FABRICAÇÃO DIGITAL COMO RECURSO DIDÁTICO	015
António Trindade CINCO CHAVES ESSENCIAIS NO ENSINO DA GEOMETRIA	027
Teresa Mafalda Gonçalves O PAPEL DO PROJETO CRIATIVO NA DIDÁTICA DA GEOMETRIA DESCRITIVA	037
Alexandra Castro, João Cabeleira, e Teresa Pais GEOMETRIA NO ENSINO DA ARQUITETURA EM PORTUGAL: ENCONTRO DE DOCENTES.....	045
Juliane Figueiredo, António Manuel Dias Domingo e Maria João Bravo Lima Nunes Delgado A AÇÃO EDUCATIVA DA GEOMETRIA GRÁFICA BIDIMENSIONAL: UMA ABORDAGEM SIGNIFICATIVA	055
Joana Maia e Vítor Murtinho INVENTION AND ORDER: THE PROPORTIONAL CONTRIBUTION IN JOÃO MENDES RIBEIRO'S ARCHITECTURE.....	063

EDITORIAL

Vasco Cardoso¹ e Vera Viana²

O Professor Fernando Bensabat marcou indelevelmente a Aproved e, de muitas formas, o seu *Boletim*. As suas contribuições foram determinantes para os *Encontros da Aproved* quando, ainda na cidade de Fátima, a associação dava os primeiros passos na organização das suas actividades. Com os seus pontos de vista bem fundamentados e as suas comunicações clarificadoras, enraizava preciosos conhecimentos nos colegas mais novos e desafiava os mais sábios. Todos os que tiveram a feliz oportunidade de ouvir e conversar com Fernando Bensabat durante os *Encontros da Aproved* e além deles, recordarão para sempre a sua sagacidade e profunda sabedoria, conservando em boa memória tudo quanto com ele aprenderam. Felizmente, estarão sempre à disposição, tanto para quem relê como para quem vai chegando, os preciosos textos com que Fernando Bensabat elevou o nosso *Boletim*, partilhando connosco algumas das suas práticas, reflexões e muitas inquietações. Dos seus textos poderemos sempre falar no presente do indicativo!

São vários os artigos de Fernando Bensabat no *Boletim da Aproved*, e mesmo os que não foram escritos há pouco tempo, parecem-nos sempre actuais e estimulantes. Dotado de uma escrita admiravelmente singular, é com assertividade que conduz os leitores ao cerne do tema escolhido através de um desafio, uma metáfora, uma imagem que tão bem sabe desenhar por palavras. São diversas as problemáticas sobre as quais nos oferece uma perspectiva diferente e arejada. De forma clara, partilha connosco o seu vasto conhecimento científico e, em igual proporção, mostra-se-nos como um exemplo de rumo pedagógico inovador que muito merece ser tido em conta e nos exalta a sermos melhores professores.

O presente Editorial começa pelo mais importante, apresentando esta edição do *Boletim da Aproved* como uma homenagem ao nosso Associado Honorário. Foi para nós uma grande alegria ter sabido que Fernando Bensabat ficou muito honrado com esta iniciativa.

Esta publicação integra o último *Pontos, Linhas e Outras Travessuras*, estimulando reflexões e, na capa, uma aguarela que realizou com Beatriz Montenegro.

Vivemos tempos invulgares, com outra unidade de medida que não se compadece com a do tempo real e por isso se vão atropelando tantos acontecimentos. Nestes tempos, lastimavelmente, pior ocorrência levou-nos Fernando Bensabat e, com muita pena nossa, não nos foi possível dar-lhe o gosto de ver a publicação pronta. Mas a tirar pela satisfação que a capa e a prova do seu artigo lhe deram, teria sido ainda maior o seu contentamento. Fica-nos a imensa alegria de sabermos da felicidade que esta homenagem lhe proporcionou, e que é uma honra para todos nós!

O *Boletim da Aproved #35* presta por isso justa e franca homenagem a Fernando Bensabat.

Noutra vertente, esta edição do *Boletim da Aproved* fixa os contributos de autores que, quer por convite, quer por submissão de comunicação, participaram nas *Jornadas Didácticas 2018*. O mote foi a pluralidade de visões sobre a didáctica e a aprendizagem da Geometria, da Geometria Descritiva e do Desenho e outras disciplinas com elas relacionadas e, nesse sentido, a Comissão Organizadora desafiou professores, investigadores e estudantes a partilharem as suas experiências pedagógicas. Das várias que foram apresentadas às *Jornadas*, publicam-se as contribuições de Alexandra Paio, António Trindade e Teresa Mafalda Gonçalves e, em resultado da Chamada para Comunicações, de Alexandra Castro, Teresa Pais, João Cabeleira e de Juliane Figueiredo.

Tentando destacar práticas exemplares na didáctica da Geometria Descritiva no Ensino Secundário, a Comissão Organizadora das *Jornadas Didácticas 2018* convidou as colegas Manuela Gregório, da Escola Secundária Carlos Amarante em Braga, e Teresa Mafalda Gonçalves, da Escola Secundária Francisco Franco no Funchal, para apresentarem uma comunicação às *Jornadas* sobre as suas experiências, em representação

¹ Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto, Instituto de Investigação em Arte, Design e Sociedade e Aproved.

² Centro de Estudos em Arquitectura e Urbanismo da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto e Aproved.

do grupo docente responsável pela lecionação da disciplina nas respetivas escolas. O convite a estas instituições¹ decorreu dos resultados objetivos de um estudo académico, levado a cabo por Vera Viana, que se publicará na edição física deste Boletim e se acrescentará a esta edição digital em Março de 2022.

Cumprindo ainda a vocação do *Boletim da Aproged* no acolhimento à publicação de textos que são submetidos à revisão da equipa de revisores da edição, incluímos neste número um texto de Joana Maia e Vítor Murtinho, no seguimento da comunicação que apresentaram durante a Conferência *Geometrias'19*.

A finalizar, sublinhamos que esta publicação marcará uma evolução, porque assinala a consolidação de uma nova fase da vida da Aproged que tem vindo a emergir sustentadamente nos últimos anos. No quadro de assinalável crescimento da associação, fruto de uma presença e reconhecimento internacionais cada vez maiores dentro dos espaços de referência das nossas áreas de conhecimento, importa alargar e aprofundar o âmbito e natureza da publicação periódica que a

Aproged edita. Com essa atenção e cuidado, a Assembleia-Geral Ordinária de 2021, que se realizou no dia 13 de Fevereiro, determinou por unanimidade a transformação do *Boletim da Aproged* numa publicação de âmbito mais ambicioso, tendo em vista um público mais alargado. Será um crescimento a apontar para um maior investimento investigativo, mas igualmente aberto à comunidade, continuando a abarcar, da investigação fundamental à aplicada passando pela partilha de experiências pedagógicas e didáticas. Esta nova publicação, de título e moldes a definir, manter-se-á, na sua essência, uma publicação herdeira do *Boletim da Aproged*.

Em momento de fecho da edição, cremos que, todos juntos, fomos construindo um *Boletim* cujo último número será sempre lembrado, pela homenagem que faz. Mas construímos, também, um *Boletim* digno desta fase de mudança, um que não se encerra em si próprio, mas antes, que passa o testemunho!

Muito obrigado a todos.

Vasco Cardoso e Vera Viana

¹ Os critérios que determinaram os convites que se endereçaram a estas duas escolas são mencionados na publicação *Jornadas Didáticas 2018: Livro de Resumos*, que está disponível em <https://www.aproged.pt/jornadas2018/livroderesumos.pdf>.

HIC SUNT DRACONES

Fernando Bensabat¹



A cartografia medieval regurgita de criaturas fabulosas que povoam tanto os Oceanos, cujas profundezas encerram mistérios horrendos e insondáveis, quanto a *Terra Incognita*, desconhecida e portanto assustadora, repleta de ameaças prodigiosas. A expressão frequentemente usada *HIC SUNT DRACONES*², inscrita nos locais da carta que representavam esses lugares tão sinistros, reflete os pavores e as crenças dos homens de então.

Hoje continua a haver dragões, mas são outros.

1. O MAPA

Chegado a uma cidade desconhecida, hospedei-me no hotel *P*, onde me apresentei ao bater da hora do *check-in*. Conhecedor da existência de uma exposição de cartografia medieval na galeria *Q*, pedi um mapa, onde marquei as duas localizações, hotel e galeria, assinalando a azul o trajeto mais curto entre os dois pontos (Figura 1). Apercebi-me de imediato que,

contrariamente ao que sucede na geometria cartesiana, não existia *apenas* um trajeto mais curto (o percurso *d*), mas vários, e todos eles, obviamente, com o mesmo comprimento - a *distância de Manhattan*³ (Figura 2). Com efeito, a distância cartesiana entre *P* e *Q* seria igual ao comprimento do segmento *d*,

$$\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

¹ Professor, arquitecto, estudioso e divulgador de ciência e associado honorário da Aproged (31.03.1949 - 21.03.2021).

² Aqui há dragões, adaptado mais tarde na cartografia inglesa para a expressão *Hic Sunt Leones*.

³ Esta designação faz alusão ao formato reticulado da maior parte das ruas na ilha de Manhattan.

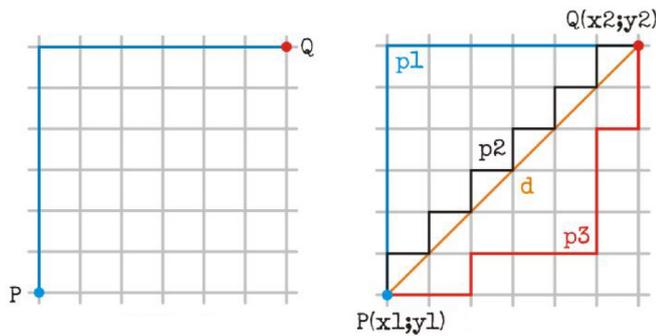


Figura 1

Figura 2

ou, considerando o módulo quadrado de vértices diagonalmente opostos P e Q e de lado l ,

$$d = l\sqrt{2}.$$

Diferentemente, se procurarmos determinar a *distância de Manhattan* entre P e Q , constatamos de imediato que ela é metricamente igual à soma dos valores absolutos das diferenças entre as duas coordenadas homónimas, isto é,

$$d_m = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1|$$

ou, considerando ainda o módulo quadrado anterior,

$$d_m = 2l$$

O interessante é que, qualquer que seja o percurso de P a Q , o seu comprimento será sempre esse, *desde que*, neste caso, nunca deixemos de caminhar *para cima e para a direita*.

Como é natural, a despeito das distâncias serem as mesmas, um motorista irá preferir o percurso azul p_1 , onde apenas terá de dobrar l esquina, do que o percurso preto p_2 , onde é necessário dobrar 11 esquinas. De onde se depreende que, na aplicação ao terreno da geometria do motorista de táxi, existem fatores a ter em conta que não se prendem exclusivamente com a métrica dos trajetos, o que introduz elementos contingenciais na análise de todas as situações.

2. ONDE MUITO VIAJEI SEM SAIR DO MESMO LUGAR

Apressei-me a chamar um táxi e comuniquei ao motorista o meu desejo de ir à galeria Q , mostrando-lhe o mapa com o percurso azul p_1 , que me parecia ser o mais apropriado. A resposta foi um simples olhar de profunda comisseração e uma breve frase resmungada.

– *Por aí não.*

– *Não?*, perguntei espantado. *E porquê?*

Retirou com extrema destreza dois lápis, cada um de trás de cada orelha, um azul e outro vermelho. Após alguns rabiscos no mapa que eu lhe tinha apresentado, mostrou-me o resultado (Figura 3). Confesso

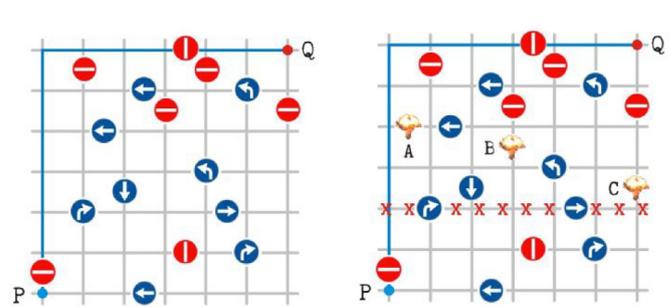


Figura 3

Figura 4

que fiquei estupefacto com o que ele me mostrou, uma profusão que me pareceu caótica de sinais de sentido proibido e de sentido obrigatório. Verificando a posição dos sinais, considerei impossível chegar a Q , conclusão que lhe transmiti imediatamente.

– *Impossível? Talvez não.*

– *Talvez não??*

– *Às vezes, eles mudam os sinais.*

– *Mudam os sinais? Quando?*

– *Ninguém sabe, mas não está correto afirmar que seja impossível chegar à sua galeria.*

– *Isso quer dizer que podemos tentar agora?*

– *Agora não.*

E usando de novo os lápis, fez mais algumas anotações no mapa (Figura 4).

– *A avenida marcada com X vermelhos está cortada ao trânsito por causa de uma procissão. As ruas A, B e C também estão interditadas por causa de uma manifestação sindical, de um comício partidário e de uma festa de um clube de futebol. Talvez não valha a pena tentarmos a aventura. Repare que eu digo talvez, o que significa que nada do que eu digo possa ser considerado definitivamente verdadeiro, embora talvez o seja.*

– *Isso quer dizer que o mais prudente é desistir da ideia.*

– *Porque sou um homem sério, devo dizer-lhe que há, de facto, uma alternativa. Podemos abandonar este bairro onde estamos e procurar um caminho pelos bairros periféricos [Figura 5]. No entanto, aviso-o de que se trata de um empreendimento perigoso: não sabemos o que iremos encontrar e muito menos se conseguiremos chegar ao lugar desejado. O que decide?*

– *Perante o que me disse, desisto de ir. Quanto lhe devo?*

A minha pergunta tencionava ser meramente retórica. Não tínhamos andado nada, pelo que, julguei eu, nada lhe era devido. Contudo, apresentou-me uma conta mirabolante que considerei escandalosa.

– *Como é que pretende cobrar-me este preço se eu não andei nada?*

– *Não andou nada mas aprendeu muito.*

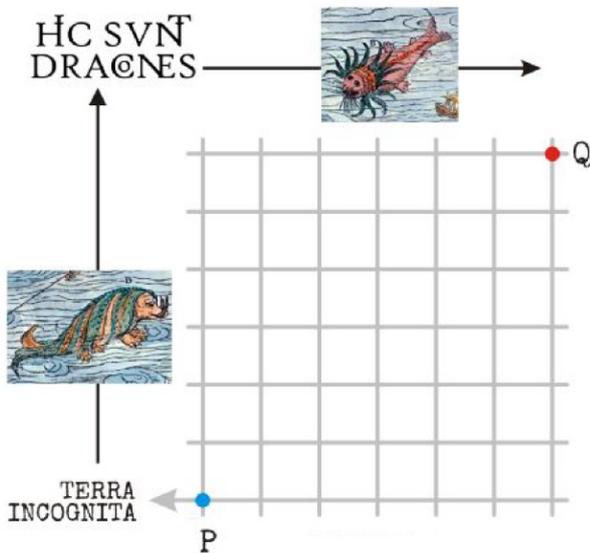


Figura 5

3. A GEOMETRIA T^4

Regressei ao quarto do hotel com uma imensa sensação de desânimo. Atribuí esse meu estado de espírito ao facto de ter comprovado, *uma vez mais*, que a geometria no papel é muito mais tranquila do que no terreno, onde se encontra assolada pelos dois dragões que ensombram as ciências em geral, o *Infinito* e o *Aleatório*.

Foi talvez para me recuperar que decidi examinar um pouco a Geometria do Motorista de Táxi, a geometria T , e pareceu-me interessante investigar a configuração do segmento de reta, entendido como a *linha mais curta, no plano, que une dois pontos*. Na verdade, acreditei que ele deveria ser a primeira entidade elementar a ser considerada numa averiguação desta natureza, pelo que decidi confrontar segmentos cartesianos com os segmentos T . Considerei então que na geometria plana cartesiana (geometria C) é possível

conceber um número infinito de segmentos de reta com um vértice fixo em O e um dado comprimento l - aliás, eles dão origem a um lugar geométrico, um *círculo*, de centro O e raio l . Na geometria do táxi, as coisas passam-se de forma bem diferente, já que o veículo apenas se desloca *marginando os quarteirões*, ou seja, sem nunca sair das linhas da malha reticular (*as ruas*).

Decidi recorrer ao meu caderno de apontamentos, pequeno, com uma encadernação de marroquina de boa qualidade e folhas de papel *craft* branco. Na capa tinha sido gravada, com goiva finíssima, uma imagem da ponte de Brooklyn, uma das pontes da Ilha de Manhattan. Escrevi, no topo de uma folha vazia, "TÁXI" e, logo abaixo, "Algumas regras". Continuando a minha tarefa, alinhavi as seguintes anotações:

1. O táxi só se desloca nas linhas da malha reticular;
2. Os lados dos quarteirões são iguais e considero-os a *unidade*;
3. Os pontos de paragem do táxi são as *esquinas*;
4. De 2. e 3. decorre que a medida de um trajeto é sempre expressa por um *número inteiro*;
5. A direção da deslocação do táxi pode ser identificada através dos *pontos cardeais* (N, S, E, O);
6. Um segmento T é a *linha mais curta, na malha reticular, que une dois pontos*. O percurso $2N+1E+2N+3E$ e que parte de um ponto P , por exemplo, é um segmento com 8 unidades de comprimento e "equivalente" a $3E+3N+1E+1N$ (ambos têm os mesmos extremos).

Reli o que tinha acabado de escrever e fiquei satisfeito - afinal, a minha caligrafia não estava assim tão má. Interrompi o trabalho por momentos para afiar o lápis mas, entretanto, não pude deixar de me imaginar percorrendo um *único* quarteirão (o *quarteirão amarelo* das Figuras 6a e 6b), e percebi imediatamente que

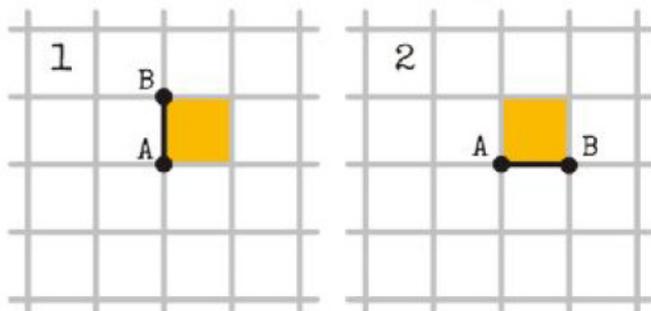


Figura 6a - Esquina imediatamente próxima.

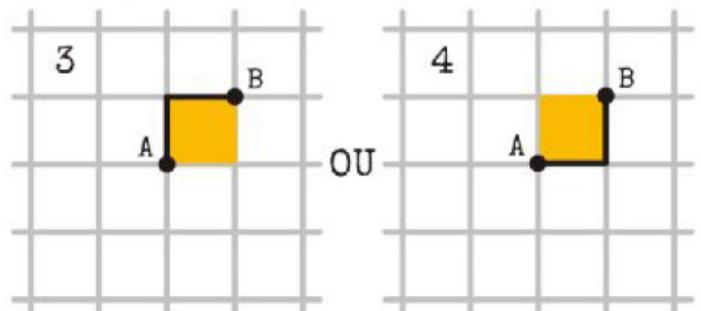


Figura 6b - Esquina diagonalmente oposta.

⁴ Grande parte do conteúdo a seguir apresentado está disponível em diversas páginas da Internet, como por exemplo, em:
<https://www.intmath.com/blog/mathematics/taxicab-geometry-4941>
<http://www.mathematische-basteleien.de/taxicabgeometry.htm>
https://en.wikipedia.org/wiki/Taxicab_geometry

existem apenas duas situações diferentes: ou o táxi se desloca de uma esquina para outra imediatamente próxima (casos 1 e 2) ou para uma diagonalmente oposta (casos 3 e 4). Em ambos os casos, tratam-se de *segmentos T*, com 1 de comprimento (nos casos 1 e 2) e com 2 de comprimento (nos casos 3 e 4).

Resolvi então representar esquematicamente a configuração das deslocções do táxi para o caso de trajetos com 1, 2 e 3 unidades de comprimento (Figuras 7a, 7b, 7c e 7d).

Nesse momento, ouvi um bater discreto na porta do quarto e o *steward* do hotel entrou, trazendo uma bandeja com chá e *scones*, o que me agradou bastante. Enquanto colocava tudo à minha frente, sobre a mesa, percebi que olhava com curiosidade para os meus apontamentos, tanto que se inclinou para mim e me sussurrou, respeitosamente:

– *Os dois segmentos que mencionou no ponto 6. formam uma figura.*

Dito isto, fez um leve aceno com a cabeça e retirou-se silenciosamente. Como é natural, fui de imediato verificar os dois segmentos referidos ($2N+1E+2N+3E$ e $3E+3N+1E+1N$) e constatei que, de facto, delimitavam uma área que abrangia ruas e quarteirões, uma verdadeira *figura T* com 8 de lado (ver Figura 8). O que me deixou um pouco perplexo foi o facto de, apenas com 2 segmentos de reta *T*, ser possível delimitar uma área fechada, algo impossível na geometria *C*. Que nome atribuir a essa entidade improvável, nascida da perspicácia de um *steward* de hotel? Talvez *Bilátero*, embora deva confessar que senti alguma relutância em abrigar um animal tão exótico no digno Panteão das Geometrias Clássicas. Como seria, então, um triângulo equilátero? Bem diferente, por certo, daquele que eu conheço mas, seguramente, um *Trilátero* tão merecedor de respeito quanto os exemplares mais tradicionais (Figura 9). Tornou-se-me claro que esta não era a única configuração de um trilátero equilátero com 4 de lado, sendo possível imaginar muitas outras figuras de aspeto diverso desta, mas tendo em comum aquilo que, neste caso, era essencial: todas eram *figuras de fronteira fechada e formada por 3 segmentos de reta T de comprimento 4*.

Após o espanto inicial de ter comércio com criaturas geométricas tão extraordinárias, não me foi difícil perceber que muitas outras poderiam apresentar-se surpreendentes e com aparências absolutamente inesperadas - o quadrado seria uma delas, o pentágono, o hexágono, enfim, quanto maior o número de lados mais intenso seria o delírio de as conceber. O que dizer então da circunferência, que é um polígono

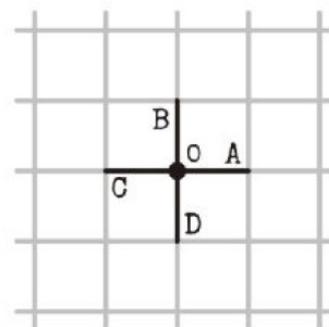


Figura 7a - Segmentos com 1 cm de comprimento.

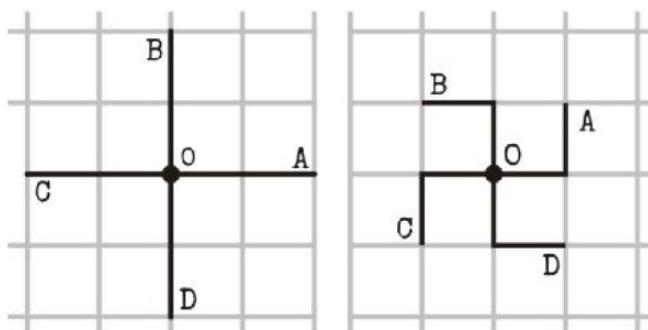


Figura 7b - Segmentos com 2 cm de comprimento.

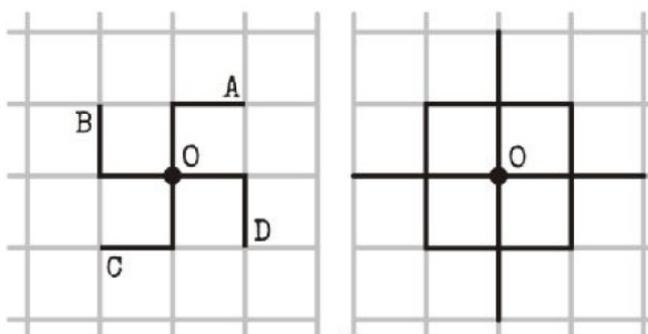


Figura 7c - Percursos abrangidos.

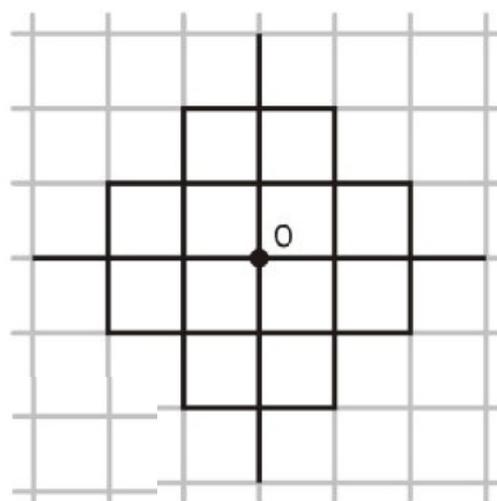


Figura 7d - Segmentos com 3cm de comprimento (percursos abrangidos).

com um número infinito de lados? Partindo da definição de que a circunferência é o *lugar geométrico formado pelos pontos equidistantes de um certo ponto O*, chamado *centro* (Figura 10), a circunferência *T* apresenta-se como um quadrado não-*T* girado de 45° em relação à quadrícula *manhattaniana* e, quanto menor for o lado dessa quadrícula, mais quadrada a circunferência *T* parecerá.

A dimensão do lado da quadrícula afigurou-se-me, subitamente, como algo não negligenciável e, até pelo contrário, de grande importância no contexto da relação entre as geometrias *T* e *C*. Na correspondência entre elas, o que sucederia se o lado da quadrícula tendesse para 0? Será que a geometria *T* tenderia para a *C*? De maneira nenhuma! De onde vinha essa minha convicção? Da simples observação e análise da Figura 11.

Admiti que o comprimento dos lados do quadrado reticulado, de extremos diagonalmente opostos *P* e *Q*, era 1. Nestas circunstâncias, o comprimento do segmento vermelho *PQ*, que representa a distância de *P* a *Q* na geometria *C*, era aproximadamente igual a 1,414. No entanto, a distância entre os mesmos dois pontos na geometria *T* é o comprimento do percurso escadeado, ou seja, 2. À medida que diminuirmos o comprimento dos patamares do trajeto em escada, este vai-se aproximando do segmento vermelho.

No limite, à medida que o comprimento dos patamares tender para 0, a linha em escada ir-se-á confundindo com o segmento a vermelho, *mas ambos mantêm os seus comprimentos originais!* Isso significa que as duas linhas, virtualmente iguais, têm comprimentos diferentes: o segmento a vermelho, 1,414...; e qualquer uma das linhas escadeadas na figura, 2⁵. Onde foram parar os 0,586...? Não há dúvida: *HIC SUNT DRACONES!*

Fernando Bensabat, 2020

5 O meu amigo Fernando Nunes enviou-me uma demonstração belíssima e, sem dúvida, irrefutável, mostrando que o comprimento do segmento escadeado, à medida que o comprimento dos patamares tende para zero e o seu número para infinito, é igual a 2. À maneira de Fermat, só não a apresento porque as margens destas páginas são muito estreitas.

6 Não pretendo responder à questão do extravio dos 0,586 mas apenas levantar algumas linhas de pesquisa.

- A situação talvez seja semelhante à do paradoxo da linha costeira, da geometria fractal;
- Se o comprimento dos patamares tender para 0, o número de degraus tende para infinito e portanto seria $0 \times \infty = 2$, o que não pode ser (facilmente) aceite (ver nota de rodapé anterior);
- A diferença prende-se com o confronto entre um espaço contínuo e um espaço discreto, como na aporia de Zenão sobre a impossibilidade do movimento.

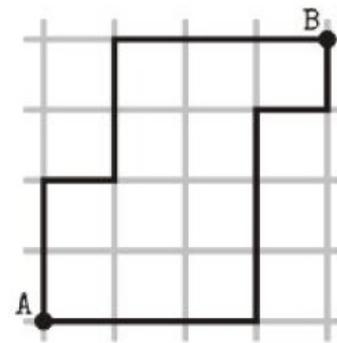


Figura 8 - Bilátero.

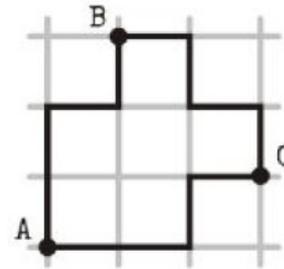


Figura 9 - Trilátero (ABC) de lados com comprimentos iguais.

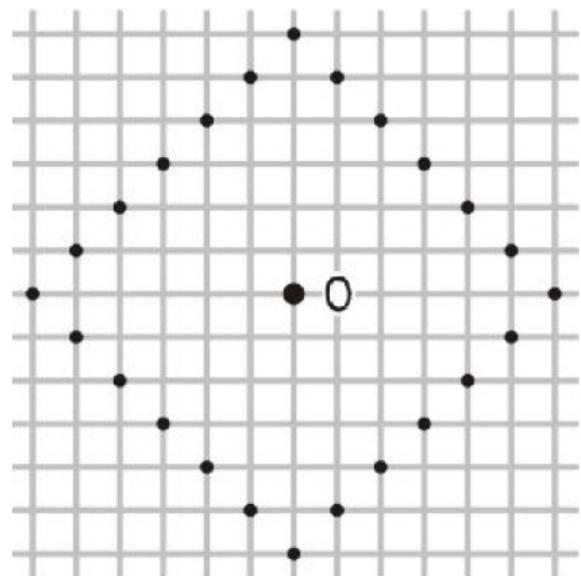


Figura 10

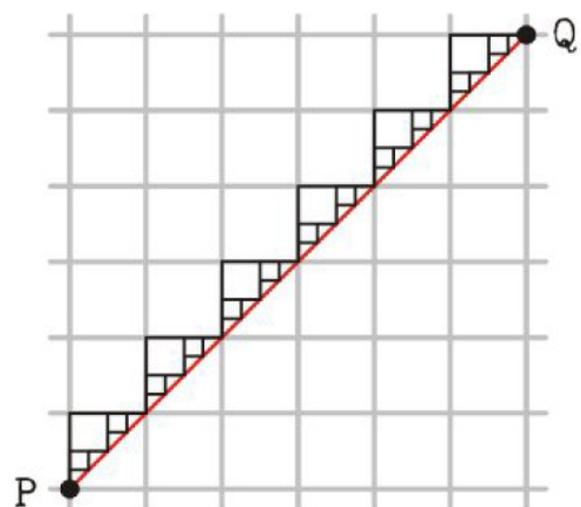


Figura 11

DESAFIOS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO DO SÉCULO XXI. A FABRICAÇÃO DIGITAL COMO RECURSO DIDÁTICO

Alexandra Paio¹

1. INTRODUÇÃO

Num momento em que o uso de tecnologias digitais está a revolucionar a sociedade e sobretudo os conhecimentos, conteúdos e disciplinas nas escolas, torna-se um desafio, para os professores, ensinar as novas gerações para enfrentar o futuro. Os objetivos educacionais não são apenas o que aprender, mas como aprender e o que fazer com esta aprendizagem. Aprender a aprender é indispensável. É premente, assim, clarificar que competências devem os professores desenvolver nos alunos e que práticas implementar a curto e médio prazo para responder aos desafios digitais na educação do século XXI.

Foi neste enquadramento, que o Centro de Formação da Aproged promoveu uma ação de formação denominada *A fabricação digital como recurso didático* que tinha, como um dos objetivos, desafiar professores do ensino básico e secundário português, a procurar alternativas metodológicas de ensino-aprendizagem e questionar o papel destas no ensino. Foram várias as questões em aberto como ponto de partida: Como e quais tecnologias digitais utilizar? Quais são os benefícios educacionais das tecnologias digitais? O que

é a fabricação digital (impressão 3D; corte a laser; fresadora)? Quais são os tipos de aplicação? Como estão a ser utilizadas no ensino? Como poderão ser implementadas no ensino-aprendizagem dos conteúdos das minhas disciplinas? Como iremos formar os alunos para serem cidadãos autónomos, assertivos, críticos, inovadores e inclusivos?. Esta formação de 25 horas decorreu no *Vitruvius FABLAB - Laboratório de Fabricação Digital* no ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, entre os dias 31 de outubro e 28 de novembro de 2020. Cada uma das cinco sessões de trabalho abordou um conjunto de temáticas específicas envolvendo ativamente os formandos na exploração de várias ferramentas tecnológicas digitais relacionadas com a fabricação digital, essenciais à prototipagem de materiais didáticos e pedagógicos de apoio ao ensino, com vista ao sucesso escolar dos seus alunos. Os laboratórios de fabricação digital (*FABLAB*) têm tido um papel importante em todo o mundo no acesso às tecnologias digitais. Os nativos digitais, os alunos, têm agora a oportunidade de imaginar, desenhar, testar e construir as suas ideias. Tal cenário, incentiva, também, os professores a implementar metodologias de ensino-aprendizagem, através das

¹ Professora Auxiliar na Escola de Tecnologias e Arquitetura do ISCTE- Instituto Universitário de Lisboa.

quais os alunos se tornam atores e impulsionadores da sua aprendizagem, e, assim, são preparados para ser cidadãos críticos e ativos. Prensky salienta que

os nossos alunos mudaram radicalmente. Os estudantes de hoje não são os mesmos para os quais o nosso sistema educacional foi criado. [01]

Porém, na maioria, a forma de educar e ensinar nas escolas pouco mudou. Para Seymour Papert,

se um professor do século XVI viajasse no tempo até ao presente, este não teria qualquer problema para ensinar numa das nossas escolas. [02:10]

Em Portugal, a falta de conhecimento e de treino na utilização das ferramentas digitais na maioria da comunidade académica do ensino obrigatório é evidente [03], fator que tem contribuído para a não utilização adequada das tecnologias disponíveis para as atividades de ensino-aprendizagem. Os professores ou imigrantes digitais [01] ensinam, hoje, as primeiras gerações que cresceram com as tecnologias diariamente, e continuam a usar uma linguagem da era pré-digital, que é totalmente diferente da linguagem dos nativos digitais. Contudo, a tecnologia não deve ser apenas vista como suporte de comunicação, porque é, também, um suporte fundamental para a formação do pensamento, no modo de sentir, de abordar e compreender a realidade e construir soluções para problemas reais cada vez mais complexos.

Neste artigo, apresentam-se os resultados da formação levada a cabo pelo Centro de Formação da Aproged na utilização de recursos tecnológicos no âmbito dos contextos específicos das escolas dos formandos. O objetivo foi responder a algumas das questões acima formuladas e contribuir para discutir os desafios e possibilidades do uso das tecnologias, em especial da fabricação digital, em contexto educacional nacional.

2. DESAFIOS TECNOLÓGICOS DIGITAIS NO SÉCULO XXI

A tecnologia é a resposta, sim, mas a qual questão? Na década de 1960, o arquiteto Credic Price colocou a questão para que fosse possível refletir sobre o impacto do progresso tecnológico na sociedade e na arquitetura [04]. O termo *tecnológico* surge pela primeira vez em 1772, num livro de Johann Beckmann, referindo-se à ciência dos ofícios [05], remetendo-nos, assim, para ferramentas e utensílios utilizados na profissão. É neste sentido, que a tecnologia

se apresenta, hoje, como desafio nos processos de ensino-aprendizagem nas escolas portuguesas.

A reflexão inevitável sobre os desafios tecnológicos não se resume, ao discurso acerca de computadores e *Internet* mas à sua contextualização para melhor compreender a utilização das ferramentas digitais na autonomia do pensamento dos alunos, na aprendizagem multidimensional profunda dos vários conteúdos escolares, e na construção de soluções inovadoras e sustentáveis para projetos da vida real, porque os computadores são inertes na sua forma física e inúteis enquanto máquinas de pensar [06].

A terceira revolução, que introduziu a industrialização, remeteu-nos para uma sociedade que deveria ter sido mais sustentável através da digitalização e desmaterialização, de todos os processos de interação [07]. Com a aceleração da tecnologia, poucos anos depois, começamos a falar de uma quarta revolução digital [08] que volta a lançar um conjunto de reptos sociais a que os professores têm que responder para prepararem as futuras gerações para o constante processo de mudança. Desde a década de 80 do século passado, que a sociedade está num processo de transformação estrutural multidimensional associado à emergência das tecnologias de informação e comunicação (TIC) que se difundiram de forma desigual por todo o mundo [09].

A inovação tecnológica e a sua disseminação, global e local, têm criado novas realidades das quais se destacam duas: (1) a Indústria 4.0 com a automatização de processos (Inteligência Artificial), a robotização, *Internet of Things (IoT)*, nanotecnologia e a manufatura inteligente [06, 10], que combinam máquinas com processos digitais muito avançados, promovendo cada vez mais a personalização de produtos; e, (2) a democratização das tecnologias e da inovação nos *FABLAB* que permitem, a quase todos os cidadãos, ter acesso à tecnologia de desenho e produção, promovendo ambientes para prototipagem do tipo *DIY (do it yourself)* [11].

Para Gershenfeld [12], a revolução digital pautada pela fabricação digital pessoal e a criação de espaços físicos, que proporcionem processos de criação e desenvolvimento, são ignições para a diferenciação na educação, pois permitem desenvolver projetos inovadores para necessidades concretas. Os *FABLAB* têm um enorme potencial nas práticas educacionais [13]. O movimento da *cultura maker* [14] associado permite divulgar em todo o mundo a nova visão para o ensino. Mas, o que é a *cultura maker* e qual é a sua

importância na educação? Como integrar a fabricação digital no ensino-aprendizagem no ensino obrigatório?

Nas escolas, a introdução da *cultura maker* pode ter um papel importante na mudança de metodologias baseadas em modelos tradicionais de ensino que se têm demonstrado desmotivadores para os alunos [15]. A sua aplicação prática tem sido um dos principais desafios impostos aos professores e à comunidade académica em geral [15]. Os professores têm, nas suas mãos, ferramentas fundamentais para dotar os seus alunos das competências do século XXI e, principalmente, de lhes dar voz no processo de ensino-aprendizagem, porque, afinal, os alunos devem poder ser protagonistas na evolução dos próprios conhecimentos. A introdução de tecnologias digitais para a produção de modelos físicos 2D ou 3D, maquetas e protótipos no ensino é, hoje, uma realidade em múltiplas áreas (biologia, medicina, engenharia, arquitetura, escultura, etc.) e a fabricação digital, numa perspetiva humanista, tem sido um apoio ao desenvolvimento e inovação social e económica.

A fabricação digital é considerada a fase final do processo pelo qual os modelos virtuais de um projeto são utilizados para produzir um objeto físico. O avanço, desde os anos 60, das tecnologias CAD/CAM (*Computer-aided Design/ Computer-aided manufacturing*) tem permitido ao ser humano controlar um conjunto

de máquinas (impressoras 3D; corte a laser; fresadoras; braços robóticos) para produzir todo o tipo de objetos a múltiplas escalas, independentemente da sua complexidade formal (Figura 1) [16]. O uso da impressão 3D na indústria é uma das mais fortes tendências da revolução industrial em curso. Segundo Schwab [08], a *Indústria 4.0* exige uma transformação do cenário industrial, e a impressão 3D possibilita reduzir custos e diminuir o tempo gasto na produção, além de minimizar significativamente possíveis falhas no processo [17].

A fabricação digital nas escolas portuguesas significa inovação e transformação para fornecer as competências necessárias para pensar e agir com elevado potencial de mudança e evolução na sociedade, desenvolvendo a autonomia e criatividade necessária dos jovens. É, também, lugar da democratização da tecnologia, combatendo a desigualdade tecnológica ao fazer chegar a um maior número de pessoas estes conhecimentos e modos de produção.

3. PILARES PARA O DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIAS ALTERNATIVAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM

O século XXI coloca novas questões que precisam da tecnologia e da fabricação digital como recurso de resposta à implementação de metodologias alternativas de ensino-aprendizagem. Neste cenário, destacam-se os três pilares de suporte vertical de ensino-aprendizagem que devem ser apreendidos e utilizados pelos professores (Figura 2): (1) o *FabLab@School* [18], que traz para as escolas novas ferramentas e o conceito de aprendizagem profunda (*deep learning*) e aprender fazendo (*hands-on learning*) em que o errar faz parte do processo; (2) a *STEAM* (acrónimo de *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*) [19], que promove a importância da criatividade na aprendizagem centrada em projetos (*project-based learning*) e no aluno (*student centered learning*); e, (3) o *Design Thinking* [20] na aprendizagem, para o qual é fundamental a colaboração (*collaborative learning*) e um conhecimento profundo do contexto (*contextual learning*).

Porque precisamos, então, de *FABLABs* nas escolas portuguesas? Segundo Blikstein [18], criador do projeto *FabLab@School* em 2008 na Universidade de Stanford, as novas oficinas criativas são os espaços mais adequados para a ideação, experimentação, inovação, prototipagem e interação, ao proporcionarem

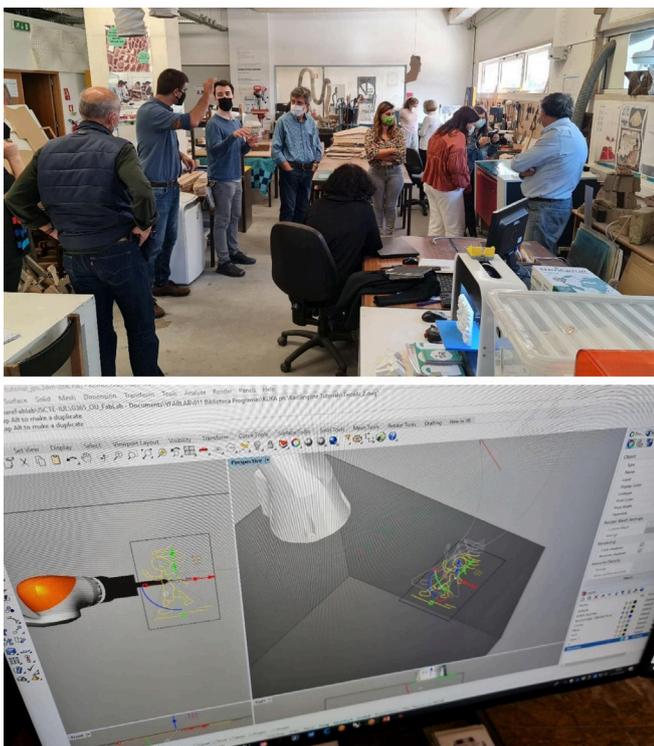


Figura 1 - Formandos e atividades da formação da Aproged no *Vitruvius FABLAB - Laboratório de Fabricação Digital* no ISCTE Instituto Universitário de Lisboa (foto da autora).



Figura 2 - Os três pilares de suporte vertical ao desenvolvimento de metodologias de ensino-aprendizagem (fonte: autora).

aos nativos digitais a exploração da sua capacidade produtiva num ambiente que une o digital e o real. São espaços fundamentais para a implementação de currículos orientados para a resolução de problemas reais, permitindo, na prática e na experimentação, promover uma utilização construtiva da tecnologia de forma a tornar a aprendizagem dos alunos mais profunda. Nos *FabLab@School* efetiva-se um aprender experimentando com as *mãos na massa* no sentido de resolver um problema ou criar um produto. Trata-se de uma forma mais envolvente de aprender e proporciona uma evolução cognitiva mais estruturada, desenvolvendo competências básicas para preparar os alunos para os desafios futuros como cidadãos e torná-los profissionais mais conscientes do mercado de trabalho que os espera.

A introdução destes espaços na educação formal é profundamente influenciada por construções teórico-pedagógicas da educação experimental; do construtivismo; e da pedagogia crítica. Segundo Dewey [21], a educação deve ser experimental e ligada ao mundo e aos objetos reais, porque só desta forma há uma verdadeira construção de conhecimento. Papert [22] acrescenta que o aluno deve sempre partilhar publicamente as suas realizações, ponto também sublinhado por Freire [23], ao identificar que, quanto mais os projetos forem profundamente ligados a problemas relevantes, a nível pessoal ou comunitário, mais o aluno adquirirá autonomia e pensamento crítico. Em síntese, precisamos de laboratórios de fabricação digital nas nossas escolas porque permitem melhorar as práticas e conhecimentos existentes, acelerar os ciclos de inovação no *design* e desenvolver projetos de longo prazo e em colaboração profunda. As ideias abstratas só se tornam significativas e concretas quando são necessárias para realizar uma tarefa dentro de um projeto.

Porque precisamos da criatividade nos projetos desenvolvidos em espaço oficial? As oficinas devem ser acompanhadas por metodologias de ensino-aprendizagem adaptáveis a uma visão colaborativa e de intercâmbio, envolvente e contextualizada, entre as diferentes matérias lecionadas. As diferentes áreas disciplinares do currículo contribuem para uma perspetiva interdisciplinar na resolução de problemas. Para tal, Yakman [19] criou uma estrutura metodológica denominada *STEAM* para uma aprendizagem centrada no aluno e em projetos práticos. Os alunos aprendem resolvendo problemas por meio de cinco etapas: Investigar, Descobrir, Conectar, Criar, e Refletir. Etapas que são reflexo das experiências pedagógicas de autonomia de Montessori [24], no pragmatismo e ética social de Addams [25]. Centrar o ensino-aprendizagem nos próprios alunos, tornando-os parte integrada e integrante da sua aprendizagem através de projetos sobre a realidade social envolvente com o suporte de diferentes áreas do conhecimento (disciplinas e professores) alerta para a mudança das lógicas construtivas dos modelos vigentes que perpetuam a memorização. A *STEAM* torna a educação integralmente interdisciplinar, criativa e inclusiva.

Porque precisamos de uma aprendizagem criativa e colaborativa? O terceiro pilar para o desenvolvimento de metodologias alternativas de ensino-aprendizagem é o *Design Thinking*, uma abordagem à inovação e a soluções complexas com base na teoria e prática do *design* na conceção de produtos, por meio de processos iterativos e criativos. Cross [26], observando *designers* em ação, identificou três aspetos estratégicos principais no seu pensamento: (1) uma abordagem ampla de sistemas para o problema, contrária a um critério restrito; (2) um enquadramento do problema de forma distinta e por vezes bastante pessoal; e, (3) o projeto deve sempre partir dos primeiros princípios. Para Sanders e Stappers [20], é a aprendizagem criativa e colaborativa assente no mapeamento contextual que capacita os criadores para serem parte da cocriação do seu futuro. A aprendizagem colaborativa contextualizada promove a compreensão da complexidade inerente a um problema e através da experimentação e do uso de *kits* de ferramentas adaptados a cada solução equacionada.

Na articulação destes três pilares, o projeto *FabLab Schools.eu - Towards Digital Smart, Entrepreneurial and Innovative Pupils* [27], financiado pelo *ERASMUS+*, é um exemplo de boas práticas na Europa. O objetivo

central é o de introduzir princípios metodológicos inovadores de suporte pedagógico sustentável no uso da fabricação digital na educação. Neste objetivo, é realçado o papel dos alunos na construção de soluções para problemas reais com tecnologias digitais (digitalização 3D, impressão 3D, corte a laser, programação, microprocessadores e sensorização) e de que modo estes processos podem facilitar a aprendizagem e o desenvolvimento de competências centradas nos desafios do século XXI. O foco é transversal a alunos e professores, porque, ao aumentar as competências pedagógicas dos professores na fabricação digital educacional, os alunos podem ser agentes no desenho e desenvolvimento do seu futuro.

O *FabLab@School.eu* [27] surgiu no âmbito de uma parceria com escolas de quatro países europeus (Dinamarca, Espanha, Holanda e Itália) e estabeleceu-se em princípios comuns para a aprendizagem: (1) desenvolvimento de competências de pensamento crítico, comunicação e colaboração, criatividade e inovação; (2) resolução de problemas complexos, domínio tecnológico e cidadania digital. Num período de dois anos, as boas práticas dos métodos testados entre escolas permitiram desenhar um manual de recomendações regionais e nacionais.

Para apoiar o processo de aprendizagem exploratória comum, foi implementado um modelo circular genérico de construção colaborativa envolvendo alunos e professores. Este não prescreve ações específicas ou medidas de projeto, indica apenas como se desenvolve o processo de projeto. O modelo facilita e apoia uma aprendizagem-ensino centrada nos alunos, estimulando-os a: uma interação contínua entre o pensamento divergente e convergente do fazer, forçando-os a abrir o processo de *design* a níveis de colaboração em grupo; assumir novas perspetivas; e, subsequentemente, a descartar decisões para chegar a soluções de compromisso. A argumentação e reflexão são pontos essenciais à síntese para desenhar um projeto com significado. O modelo ilustra um processo interativo assente em 6 etapas (Figura 3): (1) Resumo do projeto, enquadramento do desafio complexo do mundo real e planeamento das etapas do processo; (2) Estudo de campo para explorar e pesquisar o contexto e os utilizadores, bem como o conhecimento existente sobre o assunto; (3) Ideação e desenvolvimento criativo de ideias usando várias técnicas e materiais (fabricação, desenvolvimento de *mock-up*, prototipagem de conceitos utilizando tecnologias digitais e materiais analógicos);

e (4) Argumentação, para testar um conceito de *design* ou produto e refletir sobre as várias etapas e argumentos do processo; e reflexão, para refletir sobre o resultado da aprendizagem - ou competência de *design* - desenvolvida ao longo de todo o processo de *design*. Dentro deste modelo, os professores têm ainda uma estrutura para planear todo o processo do projeto, no qual devem ser trabalhadas conexões entre etapas que respondam às seguintes questões:

- Que atividades devem ser desenvolvidas pelos alunos no processo de construção colaborativa?
- Que materiais/recursos devem ser criados/fornecidos aos alunos?
- Quais são os objetivos de aprendizagem ou resultados a atingir pelos alunos?
- Como será avaliado o desafio/problema real identificado, o processo, o produto e a aprendizagem dos alunos?

A autonomia, o pensamento crítico e a criatividade são benefícios essenciais para os futuros profissionais do século XXI e estão ao alcance de todos, com a introdução das tecnologias digitais em metodologias alternativas de ensino-aprendizagem. É urgente os professores assumirem um papel na sua integração nas escolas como promotoras de sustentabilidade e igualdade. De acordo com o que a formanda Maria José Jacinto sublinhou no Relatório Crítico que redigiu para a conclusão da formação:

as novas abordagens pedagógicas, ao colocarem o aluno no centro das aprendizagens, desenvolvem o sentido crítico e criativo, responsabilizando todos como agentes de mudança.

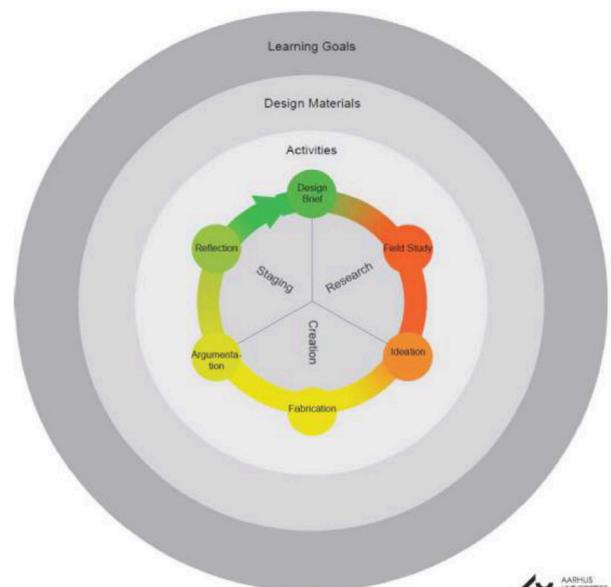


Figura 3 - *FabLab@School.eu* modelo circular genérico de construção colaborativa desenvolvido pela Universidade Aarhus, Dinamarca (fonte <https://fablabproject.eu/>)

4. A FABRICAÇÃO DIGITAL COMO RECURSO DIDÁTICO.

É nesta conjuntura que se realiza a formação através do Centro de Formação da Aproged destinada a professores dos grupos 240, 500, 530 e 600, com o objetivo central de incrementar uma visão integrada dos processos digitais com a experimentação das suas várias fases até à prototipagem de recursos didáticos com fabricação digital. A formação foi organizada em 5 sessões distribuídas por duas partes: (1) contextualização teórica de conceitos e boas práticas; e, (2) oficina prática efetuada em grupo.

A primeira parte permitiu introduzir o papel da fabricação digital na educação, ou seja, a contextualização, origem, importância na contemporaneidade, e a exemplificação de boas práticas assentes em modelos que têm sido implementados na Europa. Na sessão 1, os formandos tiveram acesso a informação básica sobre desafios tecnológicos digitais no ensino dos alunos no século XXI. Primeiro, foram apresentados conteúdos relacionados com a história e evolução tecnológica, que contribuem para uma compressão mais profunda do paradigma da sociedade digital. Em seguida, os formandos familiarizaram-se com as ferramentas, técnicas e métodos de fabricação (impressão 3D; corte a laser; fresadora), acompanhados de exemplos realizados na Europa e no *Vitruvius FABLAB*. Na sessão 2, de apresentação e discussão de boas práticas na implementação da fabricação digital no ensino-aprendizagem nas escolas, foram discutidos vários projetos do *FabLab@School.eu* [27] e, a nível nacional, o projeto *Experimentar a Fabricação Interdisciplinar de Objetos Quotidianos* - do Programa Escolher Ciência: da Escola à Universidade, Agência Ciência Viva (Figura 4) -, concretizado através de oficinas orientadas por equipas multidisciplinares com alunos do Colégio Santa Doroteia [28]. O objetivo primordial foi pensar, desenhar e construir objetos para o uso quotidiano, tendo por base exercícios interativos de fabricação digital socialmente contextualizados.

Na segunda parte, os grupos testaram sumariamente o modelo circular genérico de construção colaborativa, num processo de *design* iterativo dividido em três fases: (1) resumo do projeto e estudo de campo; (2) geração de ideias e fabricação; e, (3) argumentação e reflexão, abordando, conseqüentemente, tanto a discussão dos desafios tecnológicos do século XXI no ensino nas suas escolas, a conceção e prototipagem de materiais didáticos e pedagógicos de apoio ao

ensino, como uma reflexão crítica sobre a aplicação destes processos em contexto nacional.

A Sessão 3 foi dedicada à exploração da construção colaborativa de materiais didáticos e pedagógicos de apoio ao ensino das artes visuais e das disciplinas de educação tecnológica, educação visual e matemática. Nesta fase do exercício prático, os três grupos de formandos tiveram como objetivo central estruturar uma solução que representasse o papel do aluno, ou grupo de alunos, num eventual projeto elaborado a nível escolar. Os formandos foram estimulados a pensar os seus projetos sustentados num dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos pelas Nações Unidas em 2015 e que devem ser concretizados até 2030 (Figura 5).

No âmbito da educação, os grupos iniciaram a sua reflexão a partir do Objetivo 4: Garantir o acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos e da necessidade de aumentar substancialmente o número de jovens e adultos que tenham habilitações relevantes, inclusive competências



Figura 4 - boas práticas na utilização da fabricação digital no ensino- aprendizagem nacional e internacional (fonte: <https://vitruviusfablab.iscte-iul.pt/>).



Figura 5 - 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) (fonte: <https://www.ods.pt/>).

técnicas e profissionais, para emprego, trabalho decente e empreendedorismo [29].

O processo criativo (Figura 6) permitiu: (1) Explorar, através da Contextualização colaborativa do projeto nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis; (2) Priorizar, descrevendo um exemplo de contributo individual para os ODS a partir da sua experiência de docência; e, (3) Estruturar, identificando os atores e conteúdos disciplinares necessários para a concretização do projeto.

A colaboração para a criação do protótipo de recurso didático teve como opção uma abordagem transversal à comunidade escolar ou disciplinar, isto é, os formandos foram confrontados com a proposta de um modelo que estimula a reflexão crítica sobre um problema concreto da sua escola ou da sua disciplina, estruturando e priorizando o foco a partir de uma visão mais alargada de possibilidades. Com base no entendimento comum do problema a resolver, foram definidos campos de investigação relevantes e o público-alvo, para gerar conhecimento empírico para as fases seguintes. Foram, em seguida, desenhados os modelos 3D e discutidas opções de materiais existentes no *Vitruvius FABLAB*, para a correta passagem para modelos 3D físicos.

As duas últimas sessões foram dedicadas à prototipagem das soluções didáticas e apresentação/discussão dos resultados. A sessão de prototipagem permitiu a cada grupo conhecer e aprofundar as restrições e

potencialidades de cada técnica de fabricação digital, tais como: a passagem da modelação 3D para um objeto físico, o conhecimento do material adequado à prototipagem e a escolha da técnica para a correta produção do objeto.

5. CONSTRUÇÃO COLABORATIVA DE MATERIAIS DIDÁTICOS E PEDAGÓGICOS

A diversidade dos resultados da construção colaborativa dos três grupos de formandos, revela a multiplicidade de usos e escalas de aplicação que a fabricação digital favorece em contexto educacional. Como declarou o formando Miguel Medeiros de Carvalho no seu Relatório Crítico:

particularmente no domínio da educação, a fabricação digital é um instrumento fundamental para a transformação da escola num verdadeiro espaço colaborativo.

Foi esta colaboração e entajada entre os diversos elementos dos grupos, que promoveram a discussão das propostas, que tornaram possível alcançar os resultados que a seguir se descrevem.

GRUPO A: DESENVOLVIMENTO DE UMA CIDADANIA ATIVA NA ESCOLA

António Vaz Carapinha, Maria José Jacinto e Maria Virgínia Pereira, Professores do 3º ciclo do Ensino Básico

Com o objetivo de desenvolver competências inerentes à cidadania, o grupo optou por uma abordagem transversal e delineou uma estratégia que envolvesse toda a comunidade escolar. Orientado pela simulação de um cenário de ensino-aprendizagem que colocasse os alunos no centro da aprendizagem, o grupo definiu um projeto que permitiria soluções para o ODS 12 - *Produção e Consumo Sustentáveis*. Para tal, formulou como questão central do projeto: Como evitar o Desperdício na Escola?

O projeto teve como base a definição de atividades de criação colaborativa que promovessem um pensamento crítico, nos alunos, sobre a necessidade de serem adotados comportamentos que contribuam para a sustentabilidade dos recursos existentes, nomeadamente: (1) Identificar os desperdícios; (2) Sensibilizar e auscultar toda a comunidade escolar para as situações que se verificam na escola; (3) Envolver os professores das diversas disciplinas e respetivos conhecimentos para a resolução dos problemas identificados; (4) Desenhar e apresentar soluções; e, (5) Prototipar.



Figura 6 - Apresentação intermédia dos resultados da Sessão 3 (foto da autora).

Na resposta à questão, foram identificadas quatro áreas de intervenção para evitar o desperdício na escola (água, energia, papel e alimentos) e desenhada uma sinalética que permitisse a localização/identificação do desperdício no seu contexto e motivação para a ação consequente. O círculo identificaria o desperdício em causa e, a seta, a ação a tomar para o evitar. Para melhor clareza, o grupo optou, ainda, pela atribuição de cor, vermelho e violeta, seguindo as diretivas do *Zerowaste* [30], que representam, respetivamente, o máximo e o mínimo desperdício (Figura 7).

GRUPO B: DESENVOLVIMENTO DE UMA PEÇA DE EQUIPAMENTO ESCOLAR MULTIFUNCIONAL

Júlia Rodrigues da Cruz, Júlia Mateus Sores, Rita Miguel Riso, Professoras dos Cursos Profissional e Científico-Humanístico

Projeto transversal de resposta ao *ODS 9*, surge da identificação, no espaço escolar onde lecionam as formandas, da ausência de um recurso que promova a interação entre alunos e professores. A questão inicial foi: Como melhorar a interação entre alunos na escola?

O grupo delineou uma estratégia que visou contribuir para toda a comunidade escolar, para a qual desenhou e prototipou uma estrutura modular multifuncional que permitisse as seguintes utilizações: sinalética, suporte de exposição e banco de apoio para colocar nos corredores (Figura 8). Os suportes expositivos permitiriam aos alunos apresentar os seus trabalhos e, dessa forma, constituir um catalisador para a participação de outras disciplinas e saberes nas atividades criativas letivas da escola. A inspiração para o desenho foi o logotipo da escola que tinha sido desenvolvido por alunos do curso profissional técnico de desenho gráfico, num concurso promovido pela escola. Pela escala do projeto, o grupo optou por *MDF* colorido e a utilização da fresadora. Estas decisões facilitaram a compreensão de todo o processo e exploração das potencialidades/condicionantes das opções. Conforme salientado por Júlia Soares, um dos membros do grupo, no seu no Relatório Crítico:

foi muito interessante constatar a vantagem desta forma de trabalhar: instruções de fabrico guardadas num ficheiro digital, podem ser rapidamente alteradas e melhoradas permitindo encurtar significativamente todo o processo, desde a ideia até ao produto final.

GRUPO C: DESENVOLVIMENTO DE UM DIÁRIO GEOMÉTRICO

António Andrade Silvano, Helena Vasconcelos Almeida; Henrique Alves Carvalho; Miguel Medeiros Carvalho, Professores do Ensino Secundário

Com base no *ODS 4*, o grupo optou por uma abordagem disciplinar centralizada no ensino e nas problemáticas de aprendizagem da geometria descritiva. Os quatro professores identificaram a falta de materiais didáticos específicos para a visualização tridimensional, por parte dos alunos, dos exercícios propostos nas aulas e em estudo autónomo. Esta problemática definiu a questão inicial do projeto: Como construir um recurso didático que permita a comunicação dentro da linguagem específica da geometria descritiva? O resultado final das várias etapas da construção colaborativa foi a prototipagem de um *Diário Geométrico* composto por um *toolkit* de elementos do modelo diédrico e do modelo axonométrico (Figura 9). Assim, cada aluno poderá, à semelhança de um diário gráfico, construir e registar a sua aprendizagem da geometria descritiva, diariamente, tendo como base um abecedário da geometria. A prototipagem de várias propostas permitiu compreender o potencial da fabricação digital, impressão 3D e corte laser, nas suas diversas dimensões, restrições técnicas e materiais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando perspetivamos o cenário no século XXI, não podemos deixar de visualizar a multiplicidade de profissões ligadas à inteligência artificial, à robótica, à automação, às nanotecnologias, e muito menos a previsão de uma invasão do mercado de trabalho globalmente digital. Os desafios não são pequenos. Neste cenário, a formação realizada através do Centro de Formação da Aproged sublinhou a urgência dos professores adquirirem novas competências em que a fabricação digital é o meio para apoiar o desenvolvimento social e a inovação tecnológica na materialização das ideias. Cada um dos protótipos de recursos didáticos resultou de respostas e discussão alargada às várias questões coladas ao longo deste texto. Os formandos adquiriram novas competências através da experimentação efetiva do processo de pensar e fazer integrado, suportado pela versatilidade de diferentes ferramentas digitais. Esta formação possibilitou a introdução de abordagens alternativas em termos pedagógicos, com foco na resolução de problemas concretos e, assim, interrogar o papel do ensino das



Figura 7 - Etapas do processo de fabricação do protótipo pra uma cidadania ativa na escola (fotos: Maria Virgínia Pereira e Alexandra Paio).

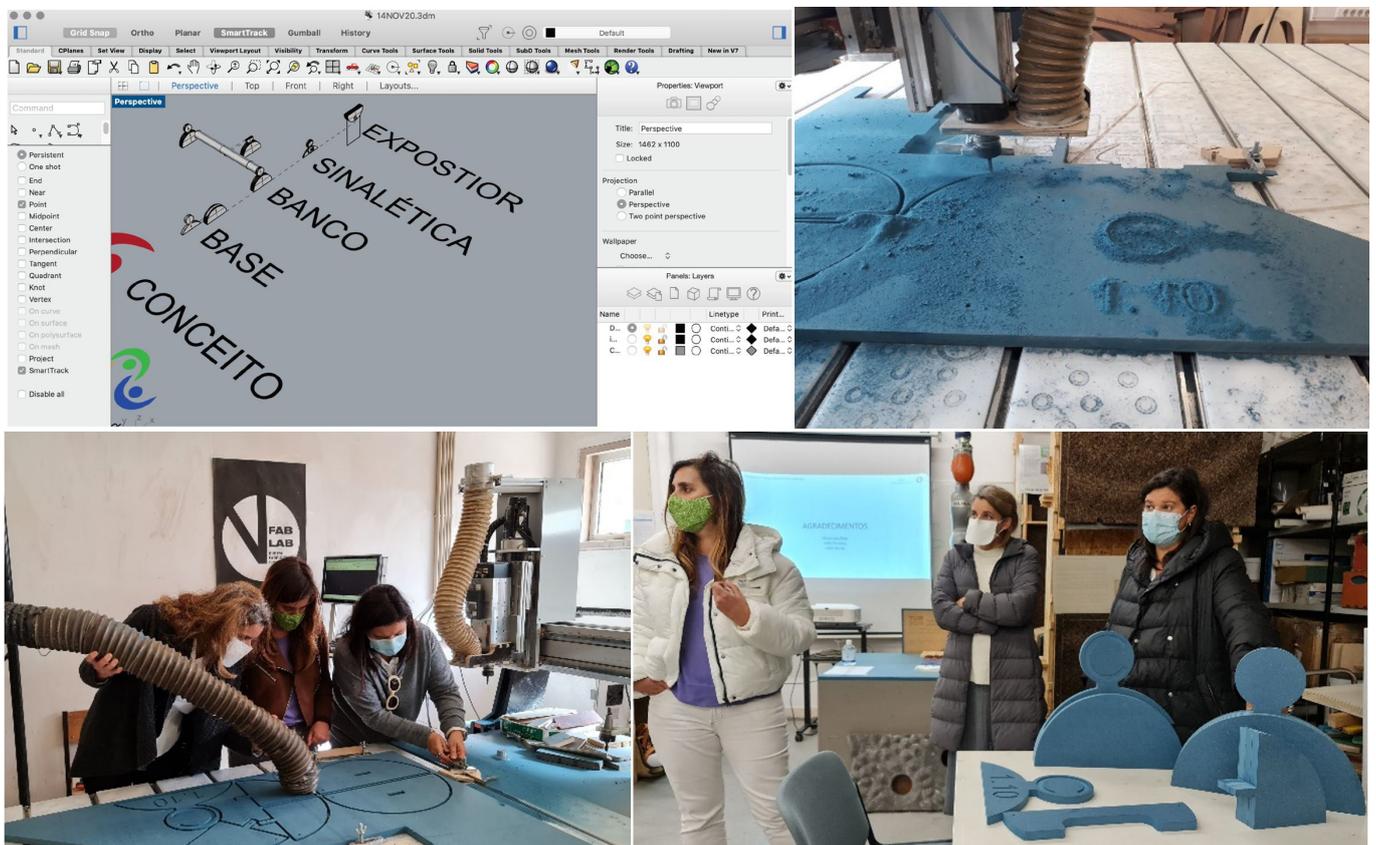


Figura 8 - Etapas do processo de fabricação do protótipo de equipamento escolar multifuncional (fotos: Julia Soares, Júlia Cruz e Alexandra Paio).

áreas artísticas, compreender a componente da criatividade e do envolvimento de múltiplos saberes na efetivação da dimensão cívica e inclusiva da partilha. O conhecimento dos processos assentes na fabricação digital, experimentados na formação, tornaram os professores conscientes da necessidade de implementar metodologias alternativas que preparem os alunos, futuros profissionais, para enfrentar uma sociedade cada vez mais digitalizada, globalizada e em constante transformação. As aprendizagens artísticas têm o dever de dotar os nativos digitais de pensamento crítico e capacidade criativa para usar a tecnologia na resolução de problemas complexos reais

em articulação com outras áreas disciplinares. A interdisciplinaridade nas escolas de ensino obrigatório é decisiva para esta mudança de paradigma. Para as escolas destes formandos foi uma oportunidade de beneficiar de processos de *mão na massa*, onde aprender fazendo é o caminho para uma mudança sustentável e resiliente defendida nos ODS. A introdução destas novas práticas no contexto escolar é, ainda, a possibilidade de repensar as práticas dos anos 1970 e 1980 de oficinas dentro das escolas. Posto isto, é o tempo certo para voltarmos a ter oficinas como recurso permanente essencial a todas as atividades escolares.

Alexandra Paio

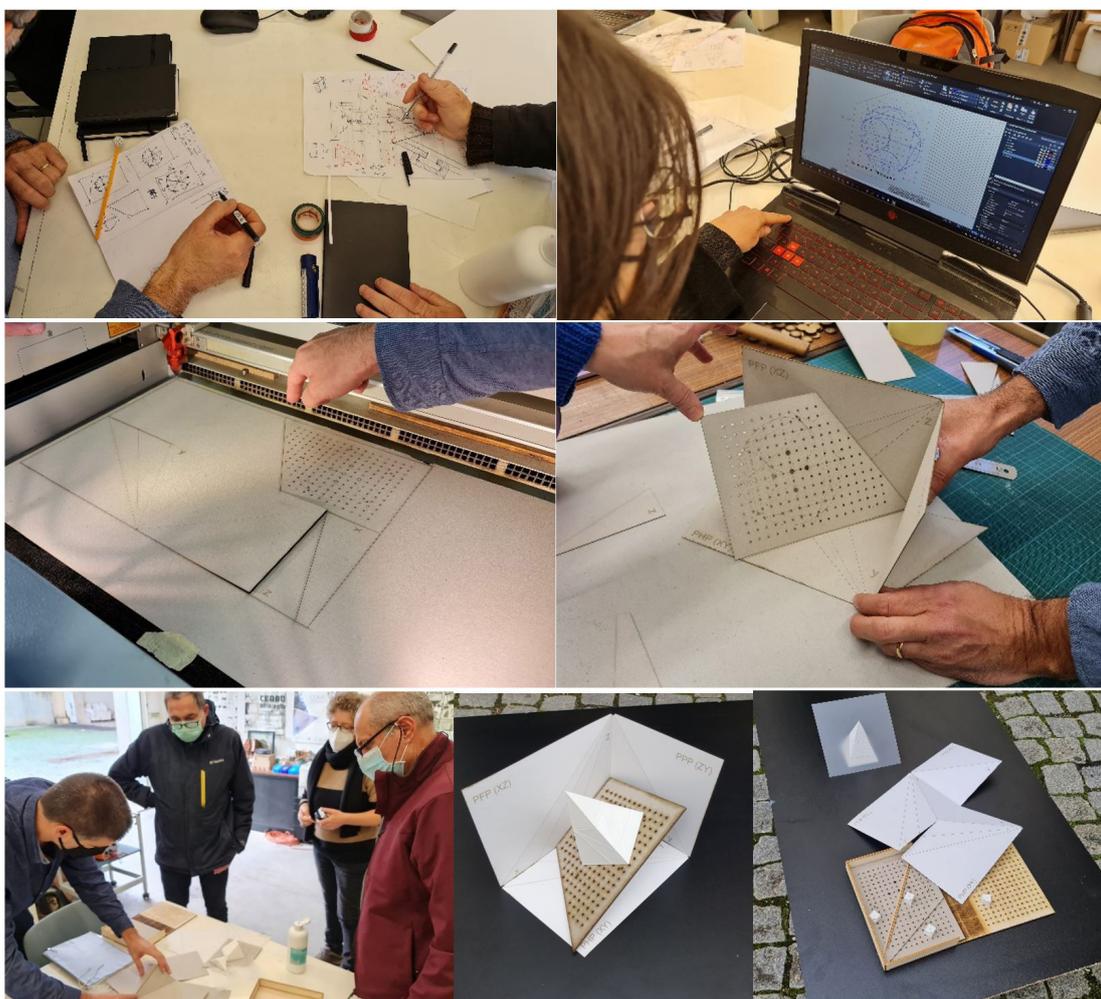


Figura 9 - Etapas do processo de fabricação do protótipo de diário geométrico (fotos: Helena Almeida e Alexandra Paio).

AGRADECIMENTOS

A autora agradece a oportunidade dada pela coordenação da APROGED e do seu Centro de Formação, respetivamente, Vera Viana e Júlia Mateus Soares; e reconhece o empenho, dedicação e colaboração dos formandos, sem as quais não teria sido possível atingir os resultados, nomeadamente: Ana Almeida Pereira, António Silvano, António Carapinha, Helena Almeida, Henrique Carvalho, Júlia Mateus Soares, Júlia Rodrigues da Cruz, Maria José Jacinto, Maria Virgínia Pereira, Miguel Ângelo de Carvalho, Paulina Rita Risso. A autora agradece ainda aos colaboradores do *Vitruvius FABLAB* do ISCTE pela sua disponibilidade, para acompanhar, ao sábado, os grupos na fase de oficina: João Pedro Sousa, João Parcelas e Raquel Lopes.

REFERÊNCIAS

- [01] Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. *On the Horizon*, Vol. 9 No. 5, pp. 1-6.
- [02] Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books
- [03] Cruzeiro, M., Andrade, A., & Machado, J. (2019). Formação de professores e utilização das tecnologias digitais na escola. *Revista Portuguesa De Investigação Educacional*, (19), 281-307.
- [04] Price, C. (1979). *Technology Is The Answer But What Was The Question?* <https://www.pidgeondigital.com/talks/technology-is-the-answer-but-what-was-the-question/>
- [05] Kelly, K. (2010). *What Technology Wants*. Penguin
- [06] Oliveira, A. (2017). *Mentes Digitais. A ciência Redefinindo a Humanidade*. IST Press
- [07] Rifkin, J. (2013). *A Terceira Revolução Industrial*. Bertrand Editora (Versão portuguesa)
- [08] Schwab, K. (2018). *A Quarta Revolução Industrial*. Levoir (Versão portuguesa)
- [09] Castells, M. (2006). *Sociedade em Rede. Era da Informação II: Economia, Sociedade e Cultura*. Fundação Calouste Gulbenkian (versão portuguesa)
- [10] Domingos, P. (2017). *A revolução do Algoritmo Mestre. Como a aprendizagem automática esta a mudar o mundo*. Manuscrito.
- [11] Mikhak, B., Lyon, C., Gorton, T., Gershenfeld, N., Mcennis, C. & Taylor, J. (2002). *Fab Lab: an alternate model of ICT for development*. 2nd international conference on open collaborative design for sustainable innovation
- [12] Gershenfeld, N. (2005). *Fab. The Coming Revolution on Your Desktop. From Personal Computers to Personal Fabrication*. Basic Books
- [13] Blikstein, P. (2013a). Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (Eds.), *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors*. Bielefeld: Transcript Publishers
- [14] Anderson, C. (2012). *Makers: the new industrial revolution*. Random House
- [15] Anderson, C. (2013). *20 Years of Wired: Maker movement*. *Wired*. Consultado em Outubro 2020. Disponível: <http://www.wired.co.uk/magazine/archive/2013/06/feature-20-years-of-wired/maker-movement>
- [16] Paio, A., Eloy, S., Rato, V., Resende, R., & Oliveira, M. (2012) *Prototyping Vitruvius, New Challenges: Digital Education, Research and Practice*. *Nexus Network Journal*, 14, 3, p.409-429
- [17] Pearce, J. M., Blair, C. M., Laciak, K. J., Andrews, R., Nosrat, A. & Zelenika-zovko, I. (2010). 3-D printing of open source appropriate technologies for self-directed sustainable development. *Journal of Sustainable Development*, 3, p17
- [18] Blikstein, P. (2013). *Computationally Enhanced Toolkits for Children: Historical Review and a Framework for Future Design*. Now
- [19] Yakman, G. (2008). *STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education*. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education
- [20] Sanders, L. & Stappers, J. (2012). *Convivial Toolbox: Generative Research for the Front End of Design*. BIS
- [21] Dewey, J. (1902). *The school and Society*. Chicago Press
- [22] Papert, S. (1993). *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. Basic Books. Consultado em outubro de 2020. Disponível em <https://learn.media.mit.edu/lcl/resources/readings/childrens-machine.pdf>
- [23] Freire, P. (1970). *Pedagogia do Oprimido*. Paz e Terra
- [24] Montessori, M. (1965). *Spontaneous in education*. Schocken Books
- [25] Addams, J. (1902). *Democracy and social ethics*. Macmillan
- [26] Cross, N. (2011). *Design Thinking: Understanding How Designers Think and Work*. Berg Publishers
- [27] *FabLab Schools.eu – Towards Digital Smart, Entrepreneurial and Innovative Pupils (2018)*. Consultado em outubro de 2020. Disponível em <https://fablabproject.eu/>.
- [28] VFABLAB (2013) Consultado em outubro de 2020. Disponível: <https://vitruviusfablab.iscte-iul.pt/conteudos/workshops/1837/efioc13-experimentar-fabricacao-interdisciplinar-de-objetos-quotidianos>
- [29] *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (2015)* Disponível: <https://www.ods.pt/>
- [30] *Zerowaste (2019)* Consultado em Outubro de 2020. Disponível: <https://www.recycling.com/downloads/zero-waste-symbol/>

CINCO CHAVES ESSENCIAIS NO ENSINO DA GEOMETRIA

António Trindade¹

INTRODUÇÃO

O presente texto resulta de uma conferência apresentada às Jornadas Didácticas 2018 organizadas pela Aproved, que ocorreram na Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto. Este artigo enquadra-se numa tipologia didáctico-pedagógica e centra-se na minha experiência enquanto docente de unidades curriculares de Geometria Descritiva. Não relata um caso de estudo, ou casos de estudo, nem temáticas ou assuntos específicos da ciência da perspectiva linear, como a maior parte dos textos que tenho escrito, centrados em temáticas em volta da ciência da perspectiva linear aplicados a casos específicos nas artes visuais, sobretudo em casos de pintura antiga. Centra-se, antes, em aspectos relacionados com a minha actividade relacionada exclusivamente com a docência e do modo de transmissão de conhecimentos nas unidades curriculares de Geometria da Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa. Claro está que há cruzamentos entre a minha investigação centrada na perspectiva linear e a divulgação do conhecimento dirigido aos alunos, mas o presente texto centra-se na minha forma de ensinar e nos meios de divulgação do

conhecimento geométrico. Para ensinar Geometria com eficácia nos seus vários sistemas de representação, com projecções centrais ou cilíndricas, paralelas, para além da obrigatoriedade dos conhecimentos do Professor, é factor fundamental a forma como se ensina e como se transmite o conhecimento. Neste sentido, factores lúdicos e variáveis concorrem para a transmissão desse conhecimento e saber. Na minha experiência com os alunos na Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, verifico que a assimilação dos conhecimentos dos conteúdos das unidades curriculares que lecciono são melhor assimilados por parte dos alunos quando utilizo cinco meios, que designo de chaves essenciais. O simples recurso ao moderno quadro branco não é por si só suficiente para a transmissão do conhecimento geométrico, apesar de que, como sabemos, ser actualmente o veículo ou suporte gráfico mais utilizado pelos docentes de geometria na última década ou nos últimos tempos. Para além desta realidade da utilização quase exclusiva do quadro branco, há outros meios ou chaves de grande eficácia que creio concorrerem para uma melhor transmissão dos conhecimentos aos alunos. São estas chaves que destaco e enuncio no presente texto.

¹ Professor na Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa (a.trindade@belasartes.ul.pt)

CINCO CHAVES ESSENCIAIS NO ENSINO DA GEOMETRIA

Pela experiência que tenho como Professor de Geometria, desde 1996, que me deparo que as formas de acção, ou as posturas de quem ensina esta ciência, podem ser reforçadas com alguns recursos, alguns meios, ou “quadros” simultâneos, digamos assim, que melhoram a boa comunicação com os alunos, podendo trazer bons e melhores resultados por parte de quem recebe e transmite o conhecimento geométrico, ou de quem está na figura de aprendiz ou discente. Nas aulas teóricas e práticas de Geometria, independentemente dos sistemas e métodos de representação leccionados, trabalho com os alunos, comunicando os conhecimentos das várias matérias e conteúdos, com os seus métodos e teorias, utilizando cinco vias ou recursos, que são por mim simultânea e paralelamente utilizados muitas vezes numa só sessão de aulas. Considero e designo esses cinco recursos como chaves principais. A primeira chave é o recurso ao velho e poderoso quadro de ardósia. Como segunda chave, considero o quadro branco, mais utilizado nas últimas décadas. Como terceira chave, considero a forte ferramenta da axonometria, ou da representação axonométrica, ortogonal ou oblíqua, independentemente dos sistemas ou métodos de representação que estão a ser ensinados no momento. Recorro frequentemente às axonometrias ortogonais ou oblíquas, desenhadas à mão levantada, para explicar e descrever conteúdos e problemas. Serve para mim, para além de sistema autónomo, de sistema que complementa pedagógica e didacticamente todos os outros. Como quarta chave, refiro a importância dos *software* para a realização dos enunciados e das soluções dos exercícios práticos, devido à natureza do desenho vectorial, que permite apresentações com maior rigor de traçado e por isso mesmo mais legíveis para efeitos de divulgação e de compreensão didáctica e pedagógica. Esta chave pode ainda ser utilizada como ferramenta de visualização espacial de modelos digitais, mediante *software* específico como são, por exemplo, o *Rhinoceros* ou o *Google Sketch Up*, referindo dois exemplos. Por fim, e como quinta chave, considero fundamental e indispensável a acção do professor como *performer* perante a audiência receptora do conhecimento. Nesta última via destaco a explicação e descrição dos assuntos ou matérias recorrendo ao próprio espaço envolvente da sala de aula e aos respectivos objectos disponíveis na mesma,

utilizando modelos improvisados, como a geometria da própria sala e dos seus objectos, ou outros modelos geométricos pré-concebidos.

DAS VANTAGENS OU DA FORTUNA DA UTILIZAÇÃO DO QUADRO DE ARDÓSIA

Este meio ou suporte de registo, transmissão e divulgação do conhecimento e dos métodos da Geometria Descritiva nos seus vários sistemas de representação, que considero como primeira chave, não é novo e tem apenas uma desvantagem ou factor incomodativo: o do pó e da sujidade que surgem quando trabalho com ele, embora existam formas de as poder atenuar, utilizando máscaras ou luvas e na forma como se apaga o quadro. Creio ser este o factor principal o de muitos docentes ultimamente terem vindo a abandoná-lo. No entanto, o quadro de ardósia tem muitas vantagens no campo visual ou no campo da percepção visual. Note-se que estes quadros negros, nas Faculdades e nos Liceus, normalmente eram de dimensões superiores a muitos dos actuais quadros brancos. Logo por aí havia uma vantagem em termos de escala. Por outro lado, e este é um factor fundamental, a paleta de tonalidades e de cores do giz é muito mais vasta e diversificada do que a paleta dos meios riscadores das canetas de feltro utilizadas no quadro branco, delimitada entre verdes, vermelhos, azuis e negros. Na paleta de giz temos várias cores e tonalidades disponíveis no mercado: dois verdes, dois azuis, violetas, rosas, vermelhos, laranjas, amarelos e castanhos. Ao mesmo tempo e este é um dado de grande importância, o fundo negro dos quadros de ardósia contrasta imenso com o traço colorido e saturado do giz o que em termos cognitivos ou comunicativos, ou mesmo didáctico-pedagógicos, é muito satisfatório. Veja-se, neste sentido, a forma como as cores ganham força e actuam em diferentes suportes e contrastes como também bem viu e denotou Eva Heller, na escolha do negro para acentuar os valores cromáticos [01]. Por outro lado, o simples facto da paleta de cores ser mais diversificada, permite descrever determinados métodos, problemas e mesmo exercícios enunciando cada fase ou procedimento com uma cor específica. Cada fase da resolução de um problema pode assim ser resolvida e descrita com uma cor determinada, o que permite evitar uma potencial confusão na leitura dos traçados por parte dos alunos, sobretudo quando se apresentam traçados que se vão sobrepondo, como acontece na descrição

de problemas ou situações mais complexas. Com o recurso ao giz e ao quadro de ardósia, tenho a possibilidade de enunciar com mais clarividência as várias etapas específicas de um determinado problema, exercício, ou método descrito graficamente, funcionando como uma espécie de *layers* do já tradicional *software Photoshop* ou de qualquer outro *software* idêntico, como podemos observar em exemplos por mim realizados, onde as cores saturadas do giz contrastam bem com o negro de fundo. Utilizo o quadro de ardósia, por exemplo, na abordagem da perspectiva parabólica da circunferência, cuja teoria remete para as secções cónicas (Figura 1), na descrição dos métodos para a representação perspéctica de um cubo inclinado, com três pontos de fuga dominantes (Figura 2), num conjunto de duas coberturas prismáticas e abertas, cada uma em uma das faces, iluminado por uma fonte de luz direccional (Figura 3), na abordagem da temática da reflectância em espelhos planos (Figura 4), entre outras situações, matérias ou conteúdos. Estes quadros, de resto, foram muito utilizados por antigos e reconhecidos professores de Geometria, como Luís Porfírio da Mota Pegado, Borges de Sequeira, Vitor e João Piloto, tio e sobrinho, entre outros autores, mas ainda hoje felizmente que os utilizamos na Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, com a vantagem da utilização de várias cores como referi. Creio que os mestres acima citados, ao tempo e na sua maior parte, apenas usaram o giz branco para exposição e explicação dos conteúdos e das matérias leccionadas. A pertinência da utilização deste tipo de quadro de ardósia de resto é bastante justificável, sobretudo quando os conteúdos, ou matérias a leccionar, se tornam ligeiramente mais complexos, obrigando ao registo de mais traçados gráficos num só desenho. Experimentei a eficácia da sua utilização nas unidades curriculares de Geometria: projecções ortogonais I, Geometria: perspectiva I e II e de Geometria. Métodos de Representação Rigorosa, as primeiras integradas nas licenciaturas e a última integrada no Mestrado de Desenho, todas por mim leccionadas na FBAUL. Como alguns tópicos e exercícios dirigidos aos alunos envolvem várias fases na sua realização, envolvendo vários conteúdos como rebatimentos, paralelismo, perpendicularidade, homologias planas e ou espaciais, determinação de sombras, entre outras matérias, é por demais evidente que a cor tem uma importância capital, pois com uma cor específica posso assinalar cada fase ou etapa de uma determinada explicação gráfica

de um determinado método geométrico utilizado ou a explicação de um exercício dirigido aos alunos.

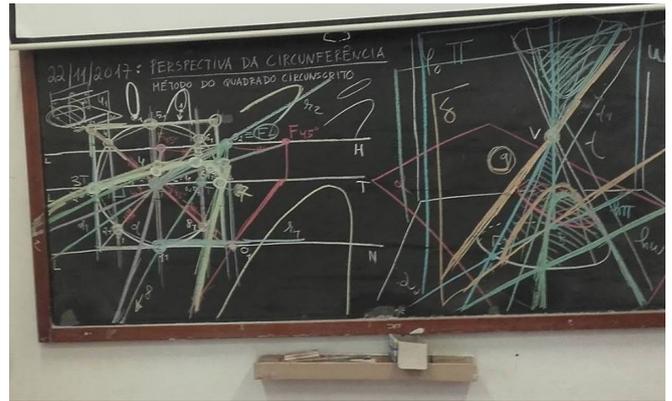


Figura 1 - Utilização do quadro de ardósia pelo autor, onde podemos observar diferentes cores utilizadas para a explicação de um problema, no caso, da perspectiva parabólica da circunferência e do seu paralelo com a teoria das secções cónicas.

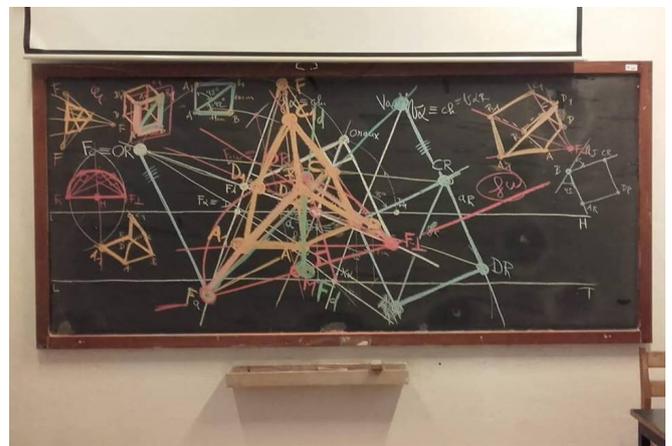


Figura 2 - Utilização do quadro de ardósia pelo autor, onde podemos observar diferentes cores utilizadas para a explicação de um problema, no caso, da perspectiva de um cubo inclinado, representado a laranja, com três pontos de fuga dominantes, onde também se aplicaram os rebatimentos e as homologias, assinaladas a azul, e a aplicação do teorema atribuído a Tales para um segundo rebatimento do centro de projecção, observador.

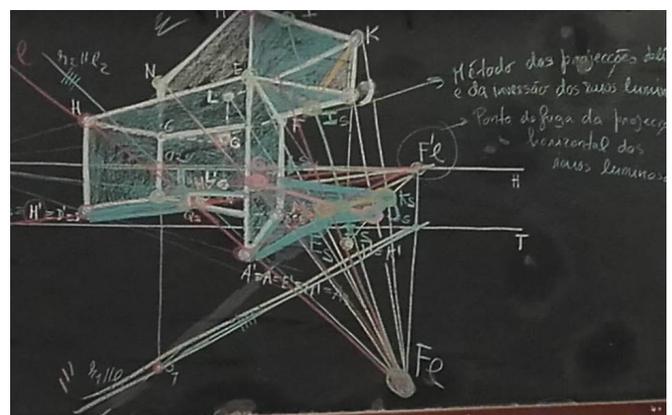


Figura 3 - Utilização do quadro de ardósia pelo autor, onde podemos observar diferentes cores utilizadas para a explicação e descrição de um problema, no caso, da perspectiva de um conjunto de duas coberturas prismáticas e abertas, cada uma em uma das faces, iluminado por uma fonte de luz direccional. A mancha clara e azulada do giz registam as áreas sombreadas no interior e no exterior do conjunto. Os contornos aparentes visíveis são enfatizados pela cor branca do giz que contrasta com o negro de fundo.

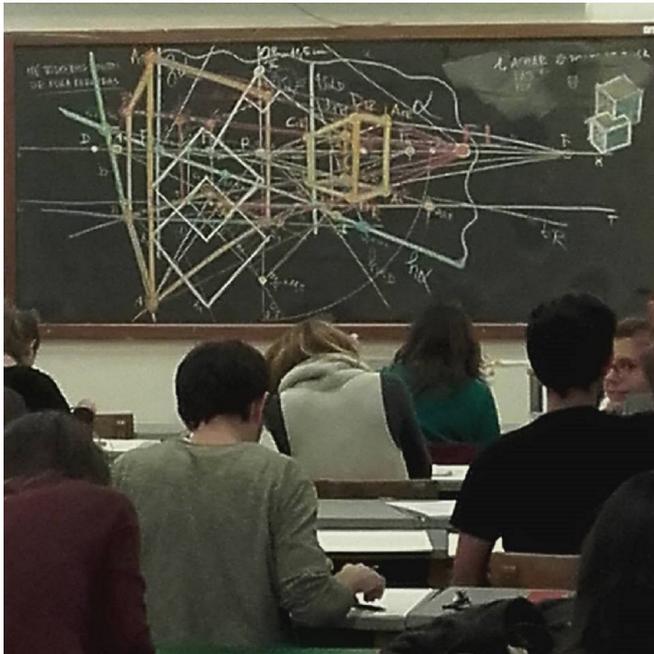


Figura 4 - Utilização do quadro de ardósia pelo autor, onde podemos observar diferentes cores utilizadas para a explicação e descrição de um problema, no caso, da perspectiva de um conjunto de dois cubos secantes, que se intersectam, e seu reflexo num espelho vertical oblíquo ao quadro perspectico e perpendicular ao geometral ou plano de terra. As diferentes tonalidades e cores do giz utilizadas registam as várias etapas na resolução do problema. Os contornos aparentes visíveis são enfatizados pela cor branca do giz que contrasta com o negro de fundo.

DO QUADRO BRANCO

Como segundo recurso, ou segunda chave, recorro ao quadro branco, para descrição e explicação de problemas com menor complexidade ou mais simples, ou para ver o mesmo problema ou conteúdo exposto paralelamente noutro sistema, ou noutro método de projecção e ou representação. Também utilizo estes suportes dos quadros brancos como complemento da descrição de problemas mais complexos registados no quadro de ardósia, focando detalhes ou para apresentação de situações ou problemas mais simples. Estes quadros têm algumas vantagens apenas no que toca à comodidade, pois são facilmente limpos, não largando pó como os quadros de ardósia e onde os traçados se apagam facilmente. Em termos de veículo de suporte de transmissão de conhecimentos penso que é mais pobre do que o quadro de ardósia. Para além da paleta mais reduzida no que toca à tonalidade e cor dos instrumentos gráficos das canetas, limitadas a um verde, a um azul, a um vermelho e a um negro, os traçados gráficos não contrastam tão bem com o tom branco de fundo, ao contrário do que acontece com a intensidade dos registos gráficos do giz no quadro negro de ardósia.

No entanto são bastante práticos para resolverem, indicarem ou descreverem determinadas situações ou problemas, como é o exemplo de um simples alçamento de um quadrado no sistema de perspectiva linear plana, utilizando o rebatimento e as relações homológicas (Figura 5). Normalmente utilizo estes quadros em simultâneo com o quadro de ardósia, para, por exemplo, expor o mesmo problema ou passo de um determinado problema ou resolução, ou para reforço de exposição de detalhes de teorias, de problemas e ou exercícios, como foi o da necessidade da explicação da determinação do ponto de fuga das cordas de arco de rebatimento em perspectiva linear, que, como sabemos, coincide com o rebatimento do centro projectivo, ou observador (Figura 5). Depois tenho também a minha experiência no ensino do sistema em dupla projecção ortogonal. Muitas vezes utilizo o quadro branco para desenhar os problemas ou exercícios nas duas projecções características do sistema, tal como devem ser representadas, mas depois recorro em simultâneo mais uma vez ao quadro de ardósia onde realizo e registo os mesmos problemas ou exercícios, mas vistos em representação axonométrica ortogonal, ou oblíqua, normalmente cavaleira. Desta forma, e com a utilização simultânea dos dois quadros, branco e negro, na visualização dos problemas e exercícios, através de dois sistemas, dupla projecção ortogonal e axonometrias, os alunos assimilam melhor os conhecimentos, através de uma melhor visualização e associação mental das duas representações simultâneas.

DA VANTAGEM DA AXONOMETRIA

Como terceiro recurso, ou terceira chave essencial, considero que a representação axonométrica ortogonal e oblíqua, neste último caso sobretudo com a utilização da conhecida “cavaleira”, constituem sistemas bastante eficazes para a explicação da teoria, da descrição e representação tridimensional de problemas, volumes, conjuntos e espaços sugeridos. Mas aponto a vantagem da representação axonométrica no presente texto não apenas como sistema independente, sobejamente reconhecido, mas sobretudo como sistema de complemento para a explicação e descrição de outros sistemas e métodos de representação. No sistema axonométrico, como não surgem as deformações características da perspectiva linear plana de projecções centrais, a visualização e a compreensão dos traçados e dos volumes é muito mais clara e

verifico que os alunos facilmente e melhor percebem as descrições e as explicações gráficas quando utilizamos este sistema de representação determinado pelos três eixos característicos, OX , OY e OZ , eixos-rectas de intersecção dos três planos coordenados, horizontal, frontal, ou vertical, e de perfil. A utilização complementar da representação axonométrica acontece com bastante frequência nas unidades curriculares de “Geometria: projecções ortogonais I” e de “Geometria: projecções ortogonais II”, porque muitas vezes os alunos têm dificuldade em ver as descrições em dupla projecção ortogonal, no espaço, ou de sentir a tridimensionalidade das descrições. Mas a mesma necessidade da utilização e da transversalidade da axonometria como sistema, acontece quando estou a ensinar também noutros sistemas de representação, na perspectiva linear, plana ou curvilínea, na dupla projecção ortogonal, como já referi, e nas múltiplas projecções ortogonais, que envolve o Método Europeu e o Desenho Técnico. Também aqui utilizo as axonometrias, ortogonais ou oblíquas, com o objectivo de os alunos visualizarem melhor os problemas e as situações em termos tridimensionais, ou no espaço. Tenho como exemplo imagens da descrição gráfica à mão levantada e em perspectiva cavaleira, ou próxima, da explicação do rebatimento do centro de projecção, observador, que coincide com o ponto de fuga das cordas de arco dos rebatimentos em perspectiva (Figura 6) e também uma isometria de uma peça realizada a partir de três vistas, onde podemos observar a força da volumetria possível com o sistema axonométrico (Figura 7). É também nestas situações que utilizo simultaneamente o quadro branco e o quadro de ardósia. Num dos quadros, expomos o problema respeitando as projecções inerentes ao sistema que estamos a utilizar, quer se trate de duplas e múltiplas projecções ortogonais, quer se trate de perspectivas. Noutro quadro, exponho o mesmo problema em representação axonométrica ortogonal, para os alunos visualizarem melhor as descrições e os problemas no espaço ou verificarem a sua tridimensionalidade. A representação axonométrica, para além de ser um sistema autónomo é, como retiro da minha experiência com os alunos, um sistema que complementa, em termos didáctico-pedagógicos, todos os outros, uma vez que as descrições neste sistema permitem que os alunos posteriormente compreendam melhor as projecções e as formas nos outros sistemas. Funciona assim como um forte instrumento didáctico e pedagógico

e como uma ponte para a compreensão de outros sistemas de representação. Vários autores trataram esta temática da representação axonométrica, mas vem-me à memória a excelente obra de Javier Rodrigues de Abajo e de Vitor Alvarez Bengoa [02] e também o excelente trabalho do meu colega Luís Mateus [03] da Faculdade de Arquitectura da Universidade de

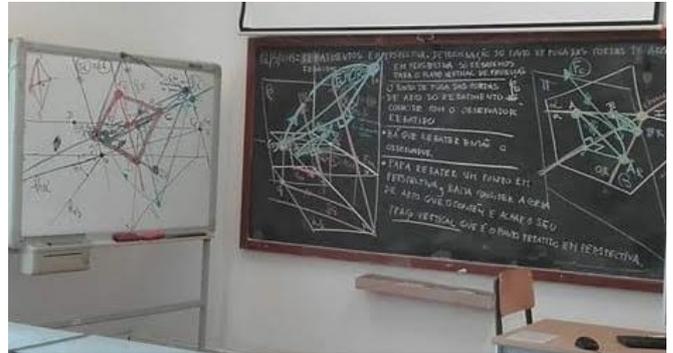


Figura 5 - Utilização simultânea dos dois quadros, branco e ardósia, para a descrição do método dos rebatimentos no sistema de perspectiva linear plana. À esquerda visualizamos a resolução da perspectiva de um quadrado pertencente a um plano oblíquo, utilizando os rebatimentos e homologias planas. À direita visualizamos a explicação dos rebatimentos no sistema de perspectiva linear, com o rebatimento do centro projectivo, observador, onde utilizámos mais do que uma cor e em esquemas axonométricos ou próximos, onde podemos verificar a tridimensionalidade das descrições.

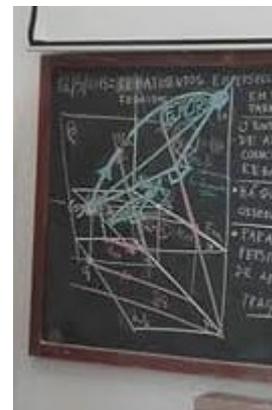


Figura 6 - Detalhe da descrição do método dos rebatimentos no sistema de perspectiva linear plana utilizando a axonometria oblíqua como instrumento pedagógico.

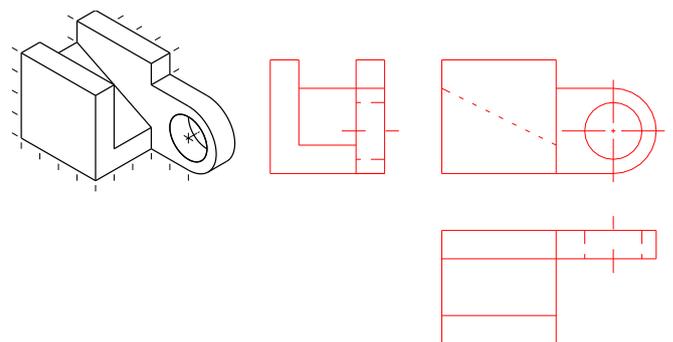


Figura 7 - À direita, representação isométrica de uma peça a partir de três vistas segundo o Método Europeu. Desenho de Ricardo Delgado, Prof. Auxiliar da Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa. Imagens gentilmente concedidas por Ricardo Delgado.

Lisboa, tratando destas matérias de Axonometria, expondo situações, problemas e exercícios onde se vislumbra bem a importância deste sistema para visualização da tridimensionalidade dos problemas e da representação de volumetrias sem deformações. No âmbito desta utilização complementar de vários sistemas de representação, na valorização do complemento do sistema axonométrico para explicação e descrição de outros sistemas, também Vitor Murinho já denotara e valorizara esta transversalidade e mobilidade, ou uso simultâneo, de vários sistemas na utilização, descrição e ensino da geometria [04].

DO SOFTWARE

Enuncio como quarta chave para o sucesso do ensino da Geometria, a importância da utilização dos *software* de desenho assistido por computador, em particular para a realização dos enunciados e das soluções dos exercícios práticos que são dirigidos aos alunos, como são exemplos a representação de um cubo e seu reflexo num espelho vertical, para a unidade curricular de Geometria: perspectiva II (Figura 8), ou a representação em perspectiva esférica de dois volumes para a unidade curricular de Métodos de Representação Rigorosa (Figura 9), ambas por nós realizadas com o auxílio do *software* *Autosketch 9*. Também tenho vindo a utilizar os *software* para verificação e descrição de outros problemas no âmbito da minha investigação, como no caso da análise de obras de arte que envolvem construções geométricas e desenho, mais especificamente através da restituição e reconstituição perspectivada de pinturas ou fragmentos de pinturas. De facto, os desenhos elaborados com o recurso dos *software* permitem uma maior clareza na leitura por parte dos alunos, sem ambiguidades gráficas, muitas vezes decorrentes do desenho analógico. Confirmo isso na forma como os alunos lêem e interpretam os enunciados e algumas resoluções que lhes são mostradas numa fase posterior à resolução. Desta forma, os *software* de desenho digital e vectorial constituem um óptimo recurso didáctico e pedagógico. Neste sentido, informo que alguns alunos da unidade curricular de Métodos de Representação Rigorosa, por mim regida, do Mestrado de Desenho da FBAUL, têm vindo a resolver os exercícios propostos de forma digital, utilizando *software*, sobretudo o CAD. Em particular tenho vindo a utilizar o *software* *Autosketch 9* e actualmente o *Autosketch 10*, mas também utilizo o *Google Sketch Up* para situações

de visualização dinâmica de superfícies, de formas, de conjuntos e de modelos. Mas existem outros que permitem bons resultados, como o já referido CAD. No entanto, sublinho aqui que o domínio técnico do manuseamento dos *software* não é sinónimo de conhecimento na área da Geometria ou Geometrias. Mesmo que o professor ou o aluno dominem ambos os *software*, o conhecimento geométrico aprende-se de outra forma: exercitando, pensando e lendo em bibliotecas. Na minha experiência com os alunos, observo que mesmo aqueles que utilizam *softwares* de desenho assistido por computador, como acontece sobretudo com os alunos da unidade curricular de Métodos de Representação Rigorosa, do Mestrado

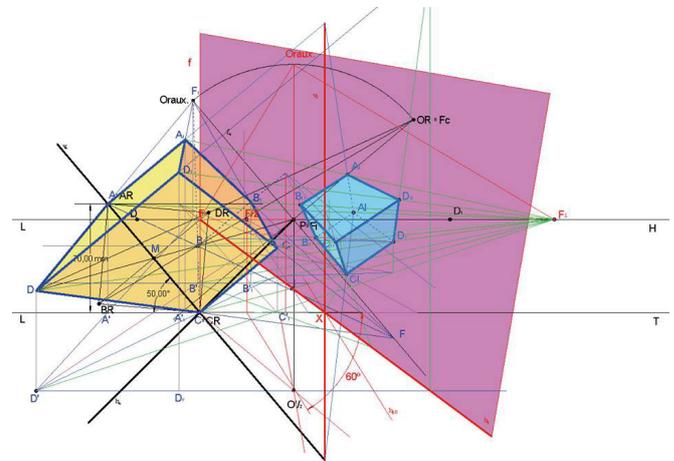


Figura 8 - Solução de um exercício para os alunos das licenciaturas, com a representação perspectivada do reflexo de um cubo num plano vertical, utilizando o *software* *Autosketch 9*.
Desenho do autor assistido por computador.

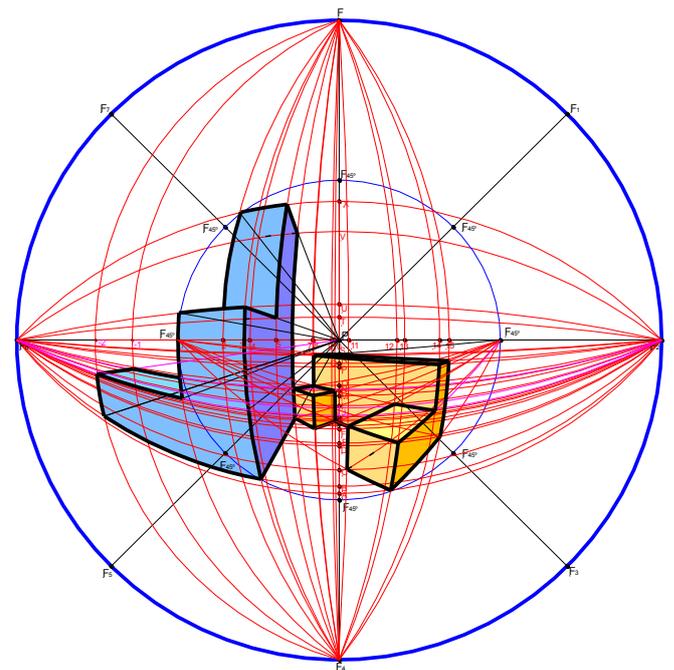


Figura 9 - Solução de um exercício em perspectiva esférica de um conjunto de volumes, utilizando o *software* *Autosketch 9*.
Desenho do autor assistido por computador.

de Desenho da FBAUL, precisam e necessitam sempre da explicação geométrica e analógica dos métodos e procedimentos, por mim divulgados em aula no quadro branco e no quadro de ardósia. É sempre necessário assimilar o conhecimento, através das teorias e métodos próprios da ciência da geometria.

Riccardo Migliari reforça também esta posição de que o computador, apesar das vantagens, não substitui o cérebro no que toca ao entendimento da geometria. O autor refere as vantagens do desenho assistido por computador, nomeadamente e por exemplo, o de como desenhar no espaço tridimensional, da utilização de outras linhas nas demonstrações, que não apenas a linha recta e o círculo, mas agora também a utilização possível do desenho de outras curvas e superfícies geométricas e, ainda, a vantagem de se obterem desenhos, pelo menos, cem por cento mais elaborados do que no passado [05:7; 06:2-3].

Os *software*, comparados ao uso da régua e do compasso, no pensamento de Migliari, não substituem o conhecimento dos métodos da geometria descritiva no ensino desta ciência, até pela problemática de algumas operações e demonstrações de resolução espacial, sustentados e só possíveis pela lógica e técnica geométricas [05:7]. Neste âmbito, ainda da utilização de *software*, de referir também, os estudos e textos, entre outros existentes, de Vera Viana [07:36] e Rute Luzio [08:50-67], tratando das qualidades didáticas de determinados *software* de desenho assistido por computador, como no caso do programa *The Geometer's Sketchpad*, entre outros.

O PROFESSOR-PERFORMER

Como última chave de sucesso na transmissão do conhecimento geométrico, enuncio a própria acção do professor como *performer* perante a audiência receptora do conhecimento, ou seja, os alunos. A postura, a dinâmica e a imaginação do professor no espaço da sala de aula são determinantes e cruciais para a transmissão e descrição dos conhecimentos. Neste sentido, a gesticulação e o improvisado, por vezes utilizando objectos, modelos improvisados, como metáforas de elementos geométricos, como ponteiros materializando rectas, volumes variados materializando sólidos, as arestas paralelas e de intersecção das paredes e tectos da própria sala de aula para explicação do conceito de ponto de fuga e, paralelamente, do paralelismo das próprias paredes da sala de aula para a explicação da recta do infinito ou de fuga de uma

directão de planos dada, a luz que entra pelas janelas e ilumina parcialmente a sala de aula produzindo sombras próprias, projectadas e autoprojectadas, as próprias lâmpadas da sala de aula materializando metaforicamente os focos luminosos ou as fontes de luz pontuais, entre outras situações, são alguns exemplos lúdicos dos quais o Professor poderá servir-se e servir também e sobretudo os seus alunos que recebem o conhecimento. Experiencio estes exemplos com os alunos vezes sem conta durante as aulas, umas vezes também pegando numa simples caixa de giz, de forma cúbica, em cartão, materializando um cubo, para explicação da perspectiva com três pontos de fuga de direcções ortogonais entre si, neste caso inclinando a caixa, entre outras situações utilizando também modelos improvisados. Neste sentido, posso ainda fazer referência e incluir aqui a utilização e descrição de modelos geométricos tridimensionais pré-concebidos², para além dos improvisados, ou seja, os existentes no gabinete de Geometria da Faculdade de Belas Artes de Lisboa, alguns deles em gesso e madeira, remontando ao tempo dos velhos mestres, como João e Vítor Piloto, outros construídos pelos actuais professores e pelos próprios alunos. Esta questão da *performance* no ensino com a utilização de modelos por parte dos professores, que não apenas os modelos improvisados, é também valorizada por outros autores reconhecidos. Além fronteiras, temos o caso do testemunho e descrição de Riccardo Migliari que refere também, em relação à utilização de modelos, num artigo de sua autoria, uma carta a ele dirigida no ano de 1987 por um dos seus mestres Orseolo Fasolo, da Universidade de Roma *La Sapienza*, da necessidade da utilização de modelos tridimensionais [09:277-278]. A importância da utilização e da abordagem dos modelos no ensino da geometria é, de resto, muito valorizada pelo mesmo autor que em 2004 publica a obra *Geometria dei Modelli* [10] e já antes, em 2001, coordenara um livro intitulado *Disegno como Modello* [11], onde enfatiza a questão da utilização de modelos no ensino das geometrias e suas aplicações. Também por cá são de referir alguns estudos

² No final da minha apresentação durante as *Jornadas Didácticas 2018*, em debate, o Professor João Pedro Xavier, a quem agradeço, interveio e chamou a atenção que podia haver uma sexta chave que seria a questão dos modelos tridimensionais utilizados no ensino da Geometria. Na conferência apenas aponte o exemplo dos modelos improvisados, como o próprio espaço da sala de aula e outros objectos. No entanto, outros modelos de superfícies regradas e não regradas, empenadas, e outros sólidos platónicos, realizados todos em madeira e gesso, existem no gabinete de Geometria da FBAUL e quando existe necessidade também os mostro e descrevo aos alunos. Alguns desses modelos remontam ainda ao princípio do século XX.

com aplicação de modelos geométricos, analógicos e digitais com utilização simultânea de *software*, como a interessante tese doutoral do meu colega Ricardo Delgado, incidindo no estudo da estereotomia da pedra em Portugal na tese *A Geometria na Estereotomia da Pedra na Arquitectura Religiosa Portuguesa entre 1530 e 1580* [12]. Outro texto interessante que valoriza os modelos é o capítulo de livro da autoria de João Pedro Xavier e de Eliana Manuel Pinho, intitulado *On the Biaís Passé: The Olivier String Model and the Representation of Constructive Solutions for the Skew Arch*, onde os autores referem e enfatizam a descrição de uma superfície empenada, com o auxílio da visualização de respectivo modelo, que modela a conhecida superfície de cobertura de *Biaís Passé*, num exemplo aplicado à arquitectura [13] Neste âmbito, posso também referir a abordagem que Rute Luzio faz à utilização dos modelos em Geometria, quer sejam digitais ou reais [08: 68-87].

CONCLUSÕES

Concluindo, creio que as cinco chaves ou variantes no ensino da geometria, entre a utilização do quadro branco, a utilização do quadro de ardósia, a utilização da representação axonométrica, a utilização dos *software*, da *performance* ou acção do próprio professor, utilizando modelos improvisados, ou pré-concebidos

antes das aulas, como vimos, são todos eles fulcrais para a transmissão dos conhecimentos nesta área e disciplina científica. Creio que uma vez utilizadas sobretudo em simultâneo e não apenas de forma isolada, estas cinco variantes ou chaves pedagógicas e didácticas contribuem para uma melhor assimilação dos conhecimentos por parte dos alunos. Outros caminhos são sempre possíveis, até porque todos os indivíduos são diferentes e cada um tem a sua percepção do mundo e a sua forma de estar e de agir. Acredito que no ensino da geometria num presente-futuro próximos, se deverão continuar a utilizar estas chaves, ou variantes, em simultâneo, referidas em texto, mas outras serão sempre bem vindas ou possíveis, pois os meios para atingir os fins podem ser diversificados e não se esgotam na totalidade, dependendo de casos específicos e até de questões culturais. De referir ainda em relação aos *softwares* e às novas tecnologias, da utilização de outras plataformas digitais, como a conhecida *moodle*, ou a conhecida nuvem ou *cloud*, existindo outras, onde o professor e o aluno partilham e discutem informação de forma rápida. Também as utilizo no ensino da geometria, mas estas plataformas digitais são transversais a várias áreas do conhecimento, que não apenas o geométrico, e por isso não as aponto como chaves essenciais ou mais características no ensino e administração da geometria como ciência.

António Trindade

REFERÊNCIAS

- [01] Heller, Eva (2007), *A Psicologia das Cores - Como actuam as cores sobre os sentimentos e a razão*, Barcelona, Gustavo Gilli (1ª ed. de 2000).
- [02] Abajo, R. F. Javier Rodriguez / Bengoa, A. (1997), *Sistema de Perspectiva Axonometrica*, Tomo III, San Sebastian, Editorial Donostiarra, S.A.
- [03] Mateus, Luís Miguel Cotrim (2004), *Sistema Axonométrico de Representação. História, Teoria e Práctica*, Trabalho de Síntese no âmbito das Provas de Aptidão e Capacidade Científica, Faculdade de Arquitectura da Universidade de Lisboa.
- [04] Murtinho, Vitor M. B. (2003), "Geometria: Transversalidades dos Sistemas de Representação", in *Boletim da Aproged*, nº22, Porto.
- [05] Migliari, Riccardo (2007), "Per una geometria descrittiva attuale", in *Informatica e fondamenti scientifici della rappresentazione*, coord. de Laura DE CARLO, Roma, Gangemi Editore. ISBN13: 9788849213232.
- [06] Migliari, Riccardo (2008), "Descriptive Geometry in the Era of the Computer", in UNALI, Maurizio, coord., *Abitare Virtuale significa rappresentare*, Roma: Kappa, 2008, pp.14-31. ISBN 978-88-7890-910-6.
- [07] Viana, Vera (2007), "Materiais didácticos para o ensino da Geometria Descritiva no Ensino Secundário", in *Boletim da APROGED*, nº27, Porto.
- [08] Luzio, Rute (2011), *Os Modelos, os Softwares e a Didáctica da Geometria*, Relatório de Prática Supervisionada do Mestrado de Ensino em Artes Visuais, Lisboa, FBAUL, IE.
- [09] Migliari, Riccardo (2001), *L'insegnamento della Geometria Descrittiva e delle sue applicazioni*, in *La Facoltà di Architettura dell'Università di Roma "La Sapienza" dalle Origini al Duemila. Discipline, Docenti, Studenti*, a cura di Vittorio Franchetti Pardo, Roma, Gangemine Editore, pp.277-288.
- [10] Migliari, Riccardo (2004), *Geometria dei Modelli*, Roma, Kappa.
- [11] Migliari, Riccardo (2001), *coordenação, Disegni come Modeli*, Roma, Kappa, pp.1-108.
- [12] Delgado, Ricardo Jorge Conduto Rodrigues (2017), *A Geometria na Estereotomia da Pedra na Arquitectura Religiosa Portuguesa entre 1530 e 1580*, tese doutoral, na especialidade de Geometria, Lisboa, FBAUL.
- [13] Xavier, João Pedro; Pinho, Eliana Manuel (2016), "On the Biais Passé: The Olivier String Model and the Representation of Constructive Solutions for the Skew Arch". In *Handbook of Research on Visual Computing and Emerging Geometric Design Tools*, editado por Amoroso, Giuseppe, 337-366. New York: IGI Global Publisher.

O PAPEL DO PROJETO CRIATIVO NA DIDÁTICA DA GEOMETRIA DESCRITIVA

Teresa Mafalda Gonçalves¹

O grupo disciplinar de Geometria Descritiva, do Departamento de Expressões da Escola Secundária Francisco Franco² criou, no ano letivo 2012/2013, uma atividade de trabalho designada de Projeto Criativo, que consiste na aplicação direta de conteúdos da disciplina em casos práticos, cujos enunciados são apresentados e elaborados pelos próprios alunos a partir das dificuldades aferidas ou diagnosticadas. Os projetos são desenvolvidos individualmente ou em pares. No decurso dos projetos, os alunos têm de representar e apresentar rigorosamente as soluções por eles criadas com recurso à utilização de linguagem plástica, materiais e suportes com domínio plástico-expressivo, o que transcorre, muitas vezes, no caso dos alunos do Curso de Artes Visuais, de conhecimentos adquiridos na disciplina de Desenho A. Esta atividade resulta da procura de inovação pedagógica e na consciência de que a diversidade de processos e metodologias contribui para o enriquecimento

intelectual dos alunos, proporcionando-lhes aprendizagens e desenvolvimento criativo. Daí que os docentes do grupo disciplinar procurem proporcionar diferentes contextos de aprendizagem de modo a que os alunos melhor desenvolvam competências intelectuais e criativas. O Projeto Criativo procura ser mais um recurso a somar a metodologias diversificadas, materiais didáticos criados pelos próprios docentes e fichas de trabalho de exercícios para resolução. Há ainda um Teste Semestral, global (de modo a aferir as competências dos alunos do mesmo nível), igual para as turmas do mesmo dia e turno e uma Questão Aula, sempre que necessário, de modo a aferir as competências e consciencializar os alunos para as suas dificuldades.

Este trabalho, assente em diferentes metodologias articuladas, visa dinamizar um projeto criativo anual, que só se torna possível porque a escola vem mantendo um corpo docente estável³ e que, a título do

¹ Professora na Escola Secundária Francisco Franco (tmafaldagoncalves@gmail.com)

² A Escola Secundária de Francisco Franco (Funchal) tem, actualmente, cerca de 2500 alunos, distribuídos por 110 turmas, entre vários cursos do Ensino Secundário. A proveniência dos alunos é, maioritariamente do concelho do Funchal. O corpo docente conta com 272 professores, 69% dos quais integram o Quadro de Escola, cerca de 58% dos professores lecionam há mais de 20 anos e só 6% do total têm menos de 10 anos de serviço. A disciplina de Geometria Descritiva A integra o currículo do Curso Científico-Humanístico de Ciência e Tecnologias, em 4 turmas e a totalidade Curso de Artes Visuais com 8 turmas, na soma do 10º e 11º Ano.

³ O grupo de Geometria é constituído por cinco elementos, sendo que dois pertencem ao quadro de escola, um, ao quadro de zona e dois, ao quadro da RAM. Aos professores são atribuídos horários de um só nível e a mesma sala específica, o que possibilita um maior investimento por parte destes no que concerne ao domínio do programa curricular.

que acontece com os restantes docentes, têm no seu horário dois blocos de 90 minutos semanais de apoio pedagógico às turmas, permitindo um acompanhamento mais individualizado. Contudo, a maior dificuldade no desenvolvimento de projeto é ainda a falta de tempo para consolidar conhecimentos científicos em paralelo com o desenrolar do Projeto Criativo. Por essa razão, há o recurso a horas de trabalho extracurriculares de modo a ser possível a execução do trabalho com a devida avaliação em processo e correção.

O resultado das atividades realizadas para o Projeto Criativo, que se ilustram nas Figuras 3 a 30, vem sendo objeto de exposição anual, que permanece até ao ano letivo seguinte no corredor junto às salas específicas, permitindo a integração com os alunos, mas também com toda a comunidade educativa. Duarte Sousa, Maria da Paz Faria, Pedro Berenguer, Mafalda Gonçalves e Sofia Fernandes foram os professores que se envolveram na concretização deste Projeto Criativo.



Figura 1 - Exposição *Do Espaço ao Plano e do Plano ao Espaço*, 2013.



Figura 2 - Exposição *Do Espaço ao Plano e do Plano ao Espaço*, 2013.

DO ESPAÇO AO PLANO E DO PLANO AO ESPAÇO.

A primeira atividade desenvolvida resultou numa exposição (Figuras 1 e 2) e teve como título *Do Espaço ao Plano e do Plano ao Espaço*. Esta proposta de trabalho decorreu de 17 de setembro a 31 de outubro de 2013 e foi apresentada a partir das dificuldades aferidas. Teve como objetivo a visualização no espaço - representação tridimensional do espaço -, a representação diédrica e/ou triédrica (rigorosa) do enunciado, a representação axonométrica (rigorosa) do enunciado e, como acontecerá nos anos seguintes, a utilização de linguagem plástica, materiais e suportes adequados e/ou diversificados (Figuras 3 a 5).

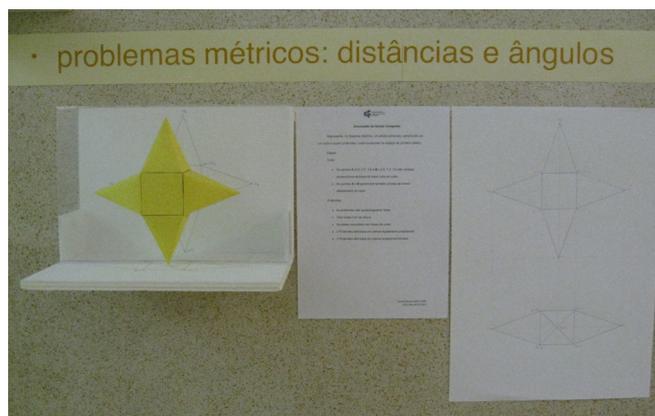


Figura 3 - Exposição *Do Espaço ao Plano e do Plano ao Espaço*, 10º ano.

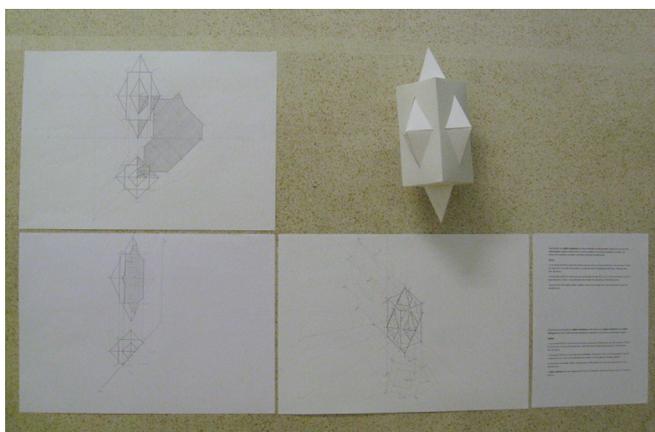


Figura 4 - Exposição *Do Espaço ao Plano e do Plano ao Espaço*, 11º ano.

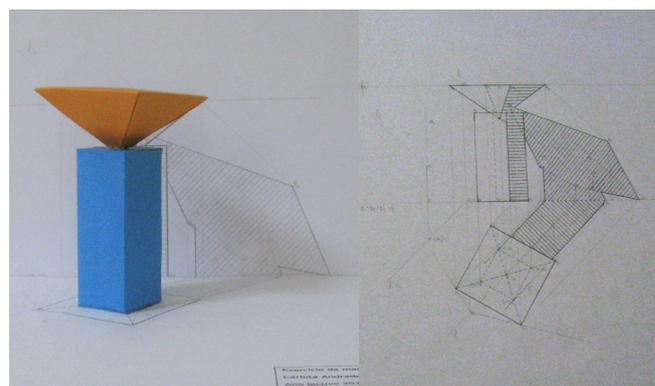


Figura 5 - Exposição *Do Espaço ao Plano e do Plano ao Espaço*, 11º ano.

ESPAÇO REFLETIDO

Esta atividade realizou-se de 6 de junho a 31 de outubro de 2014 e procurou dar ênfase à componente plástica-expressiva, representando através da projeção diédrica e/ou triédrica e a representação axonométrica e utilizando uma linguagem plástica e de materiais e suportes diversificados (Figuras 6 a 8).

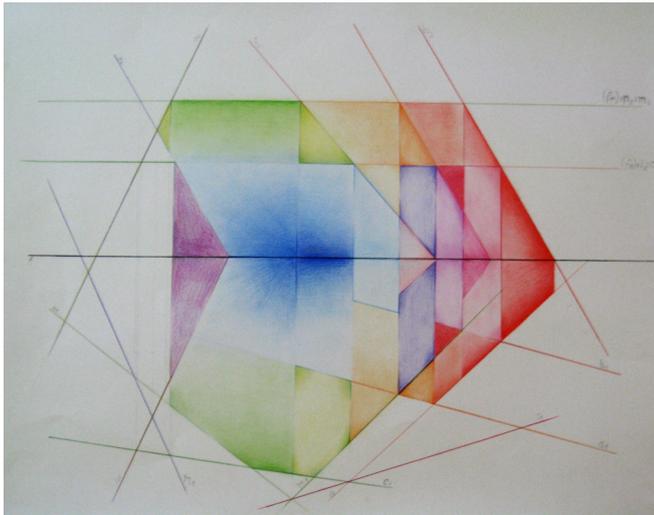


Figura 6 - Exposição *Espaço Refletido*, 10º ano.



Figura 7 - Exposição *Espaço Refletido*, 11º ano.

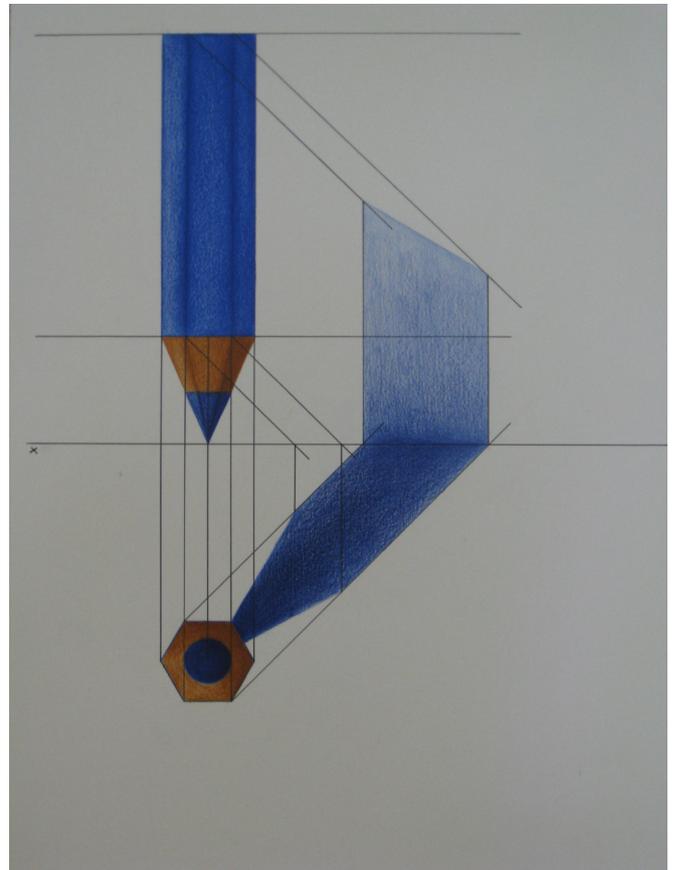


Figura 8 - Exposição *Espaço Refletido*, 11º ano.

ESPAÇO LUZ

Tendo decorrido de 28 de maio a 31 de outubro de 2015, teve por objectivo desenvolver a visualização no espaço e/ou representação tridimensional do espaço, a representação diédrica e/ou triédrica (rigorosa), a representação axonométrica (rigorosa) e utilizando uma linguagem plástica através de elementos visuais, materiais e suportes diversificados. O 10º ano desenvolveu a temática luz/cor e o 11º ano a luz/sombra (Figuras 9 a 13).

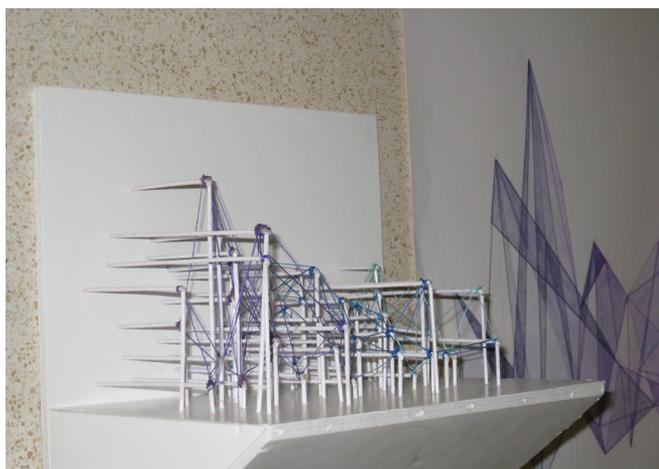


Figura 9 - Exposição *Espaço Luz*, 10º ano.

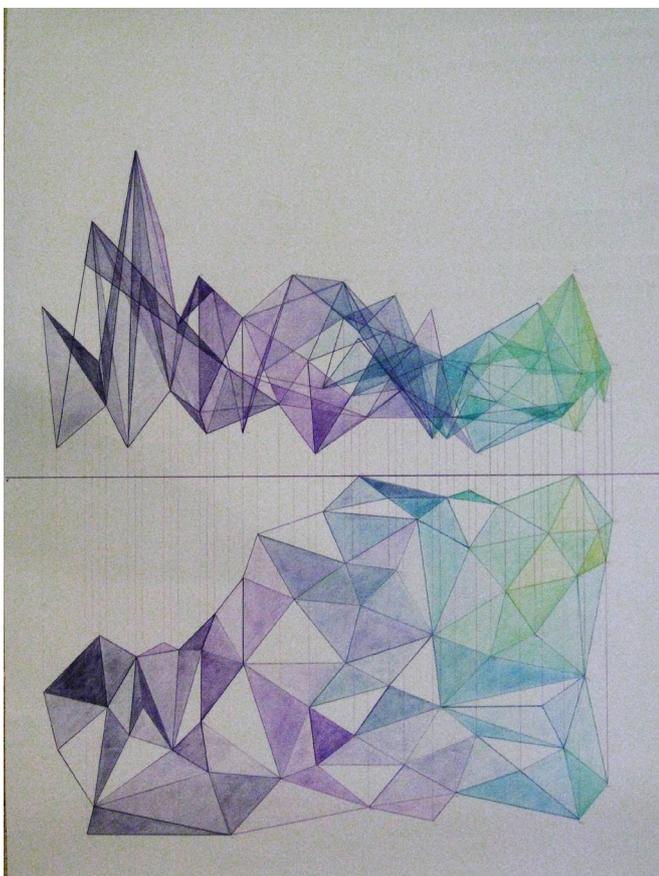


Figura 10 - Exposição *Espaço Luz*, 10º ano.

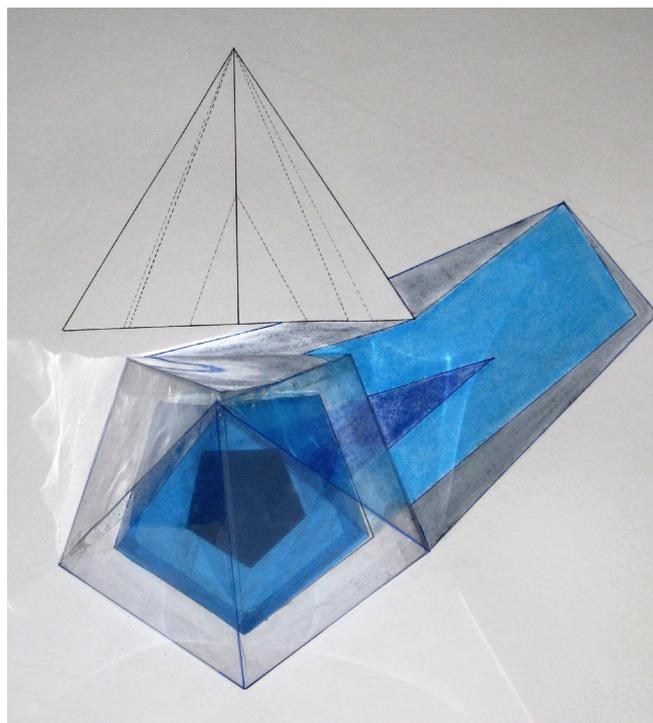


Figura 11 - Exposição *Espaço Luz*, 11º ano.

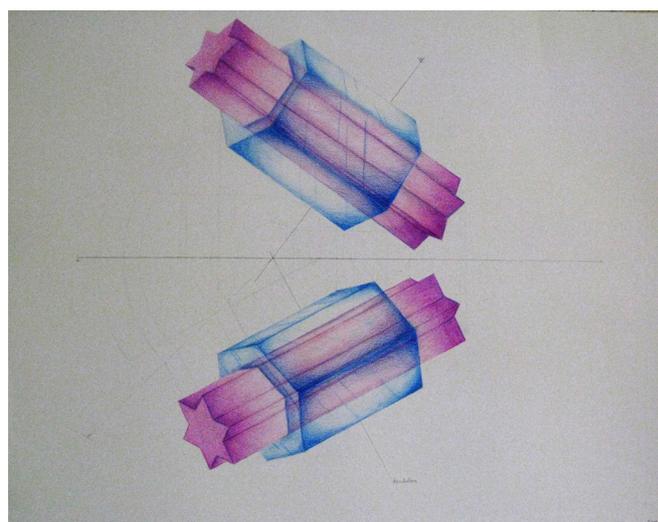


Figura 12 - Exposição *Espaço Luz*, 11º ano.

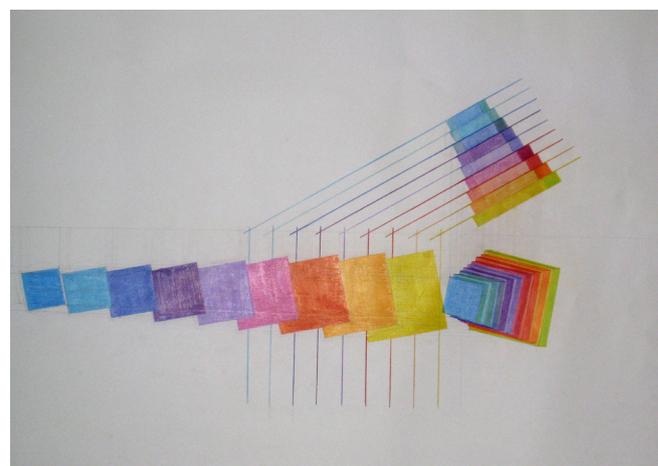


Figura 13 - Exposição *Espaço Luz*, 10º ano.

ENTRE LINHAS

Realizou-se entre 23 de maio e 31 de outubro de 2016, e deu ênfase ao rigor técnico e diferenciação de traçado, à composição geométrica em representação diédrica e/ou representação axonométrica e ao traçado auxiliar como elemento integrante da composição estética do trabalho (Figuras 14 a 17).

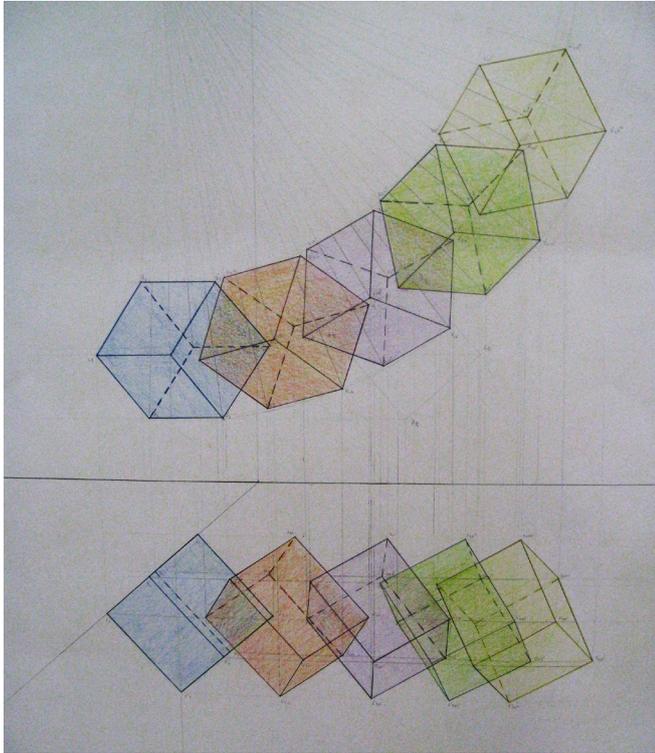


Figura 14 - Exposição *Entre Linhas*, 10º ano.

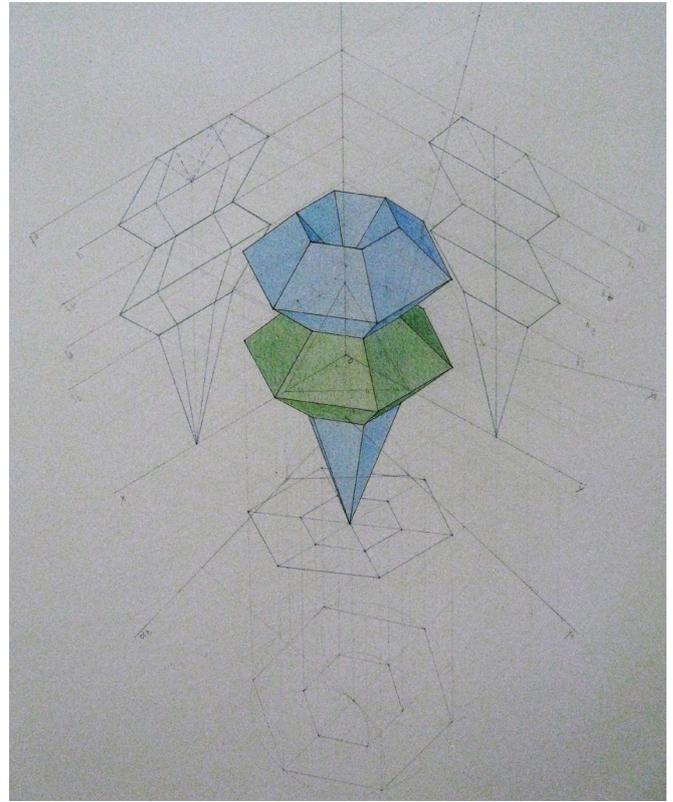


Figura 16 - Exposição *Geometria Descritiva ao Quadrado*, 11º ano.

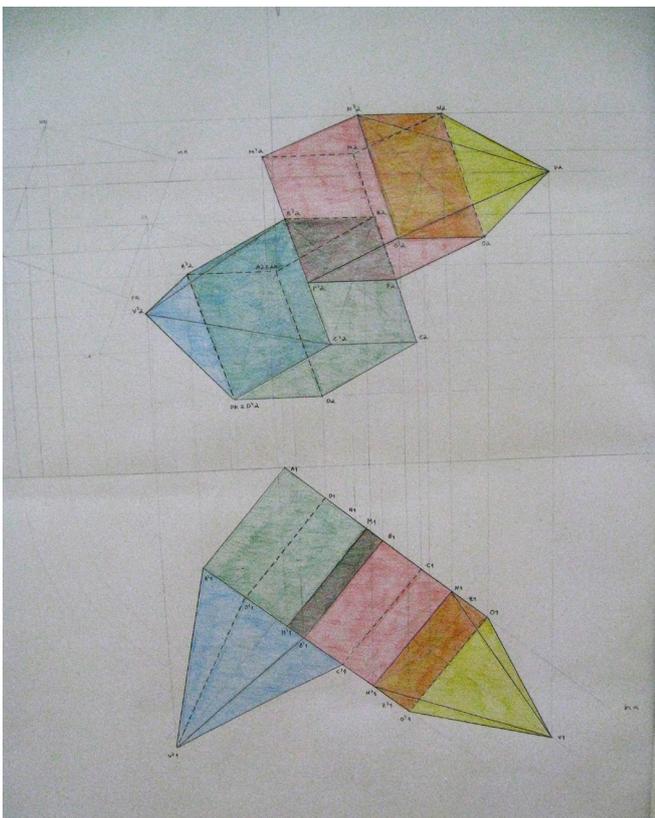


Figura 15 - Exposição *Entre Linhas*, 10º ano.

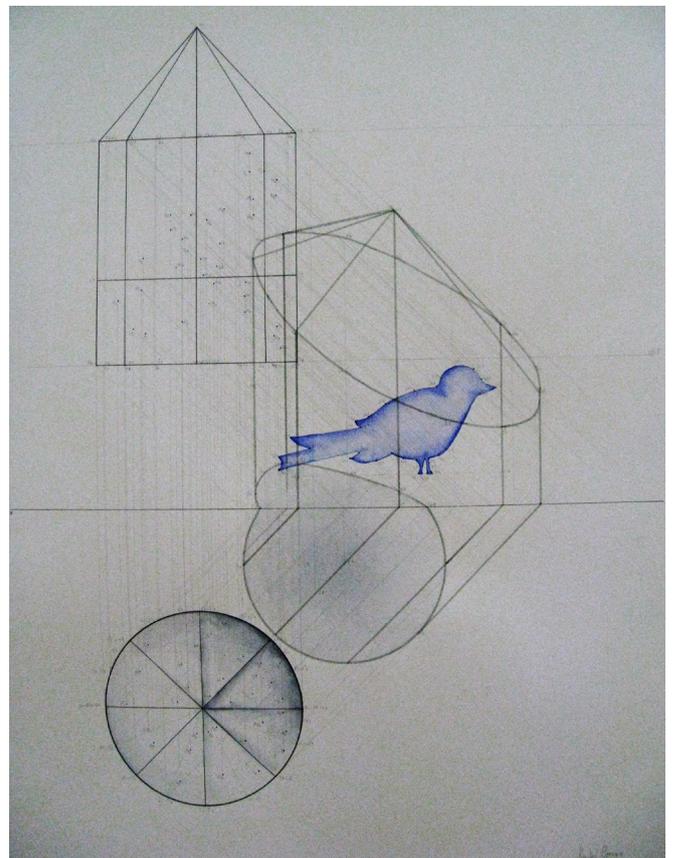


Figura 17 - Exposição *Entre Linhas*, 11º ano.

ESPAÇO GEOMETRIA DESCRITIVA AO QUADRADO

Esta atividade realizou-se entre 29 de maio a 31 de outubro de 2017, e incidiu na visualização no espaço e a representação tridimensional do espaço, a composição geométrica em representação diédrica e/ou representação axonométrica, utilizando um suporte quadrado, branco ou azul, como referência unificadora do projeto (Figuras 18 a 22).

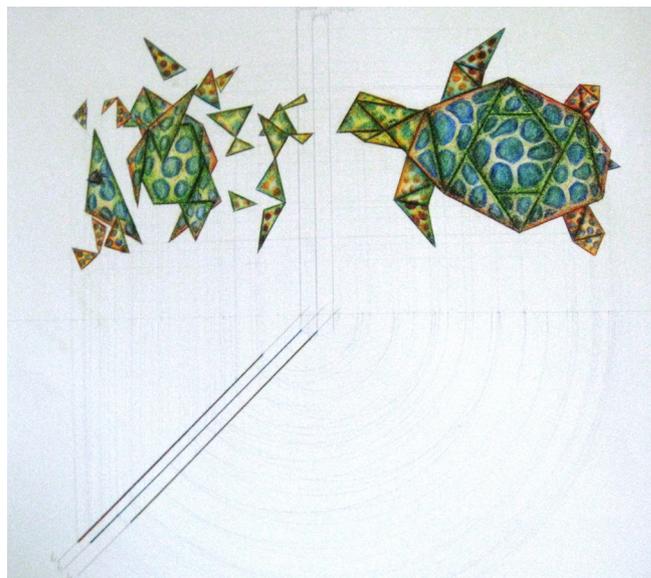


Figura 20 - Exposição *Geometria Descritiva ao Quadrado*, 10º ano.

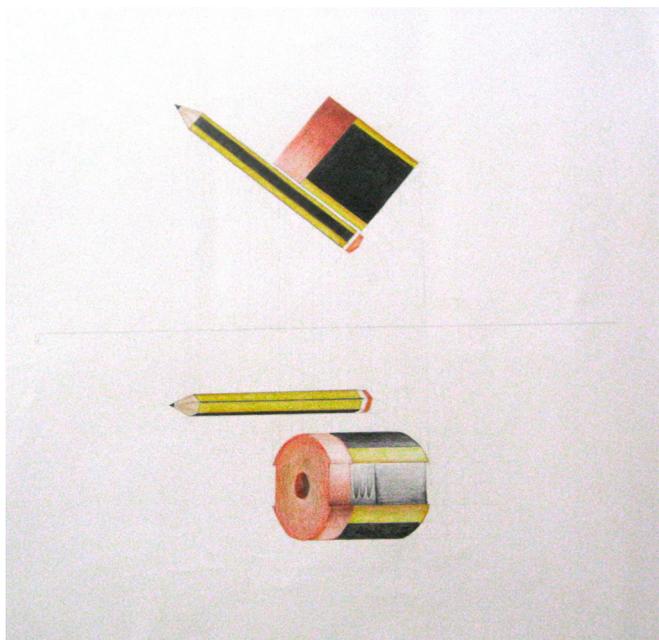


Figura 18 - Exposição *Geometria Descritiva ao Quadrado*, 10º ano.

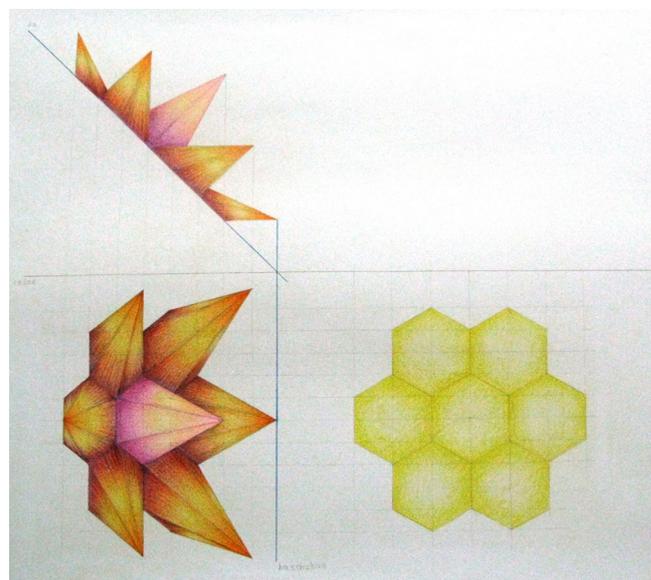


Figura 21 - Exposição *Geometria Descritiva ao Quadrado*, 10º ano.

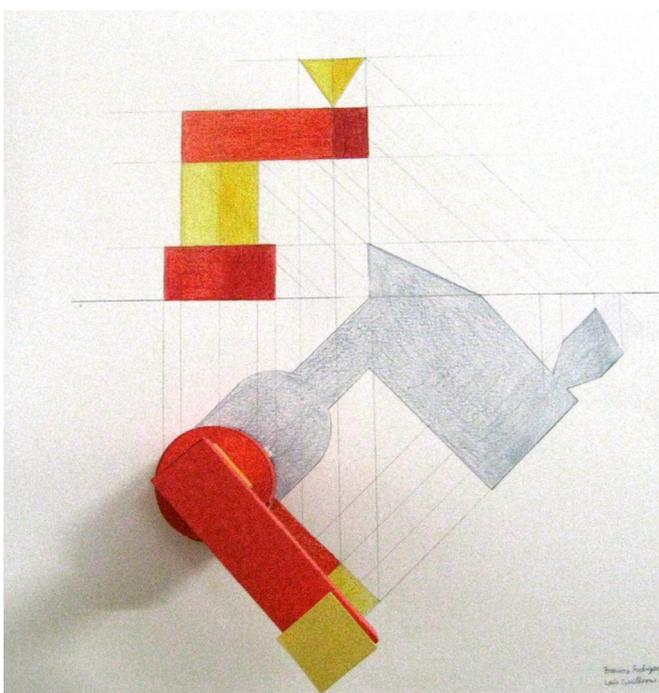


Figura 19 - Exposição *Geometria Descritiva ao Quadrado*, 11º ano.

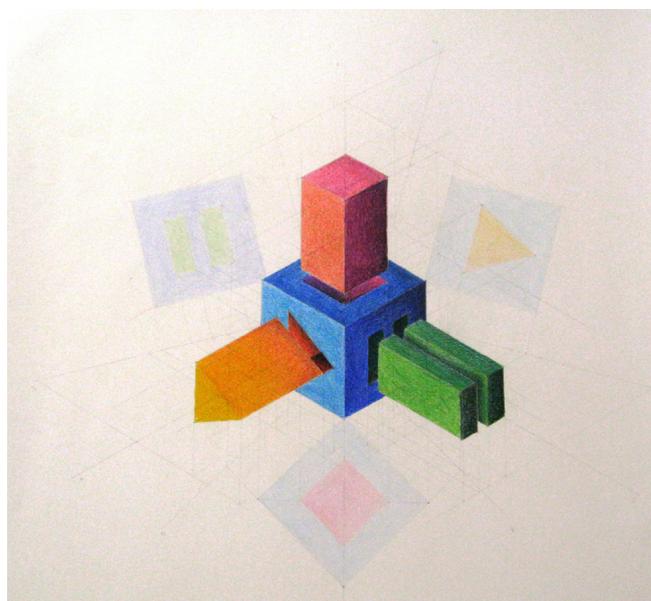
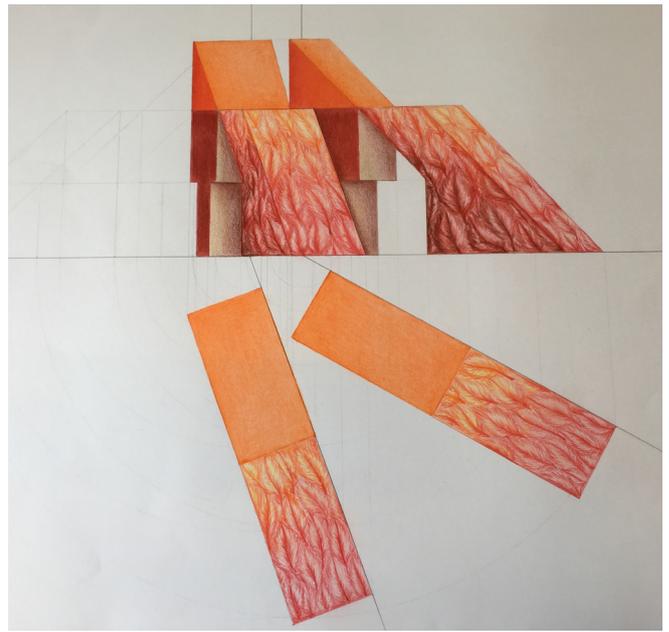
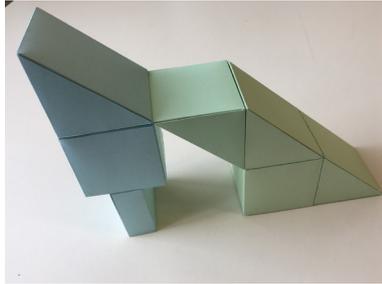


Figura 22 - Exposição *Geometria Descritiva ao Quadrado*, 11º ano.

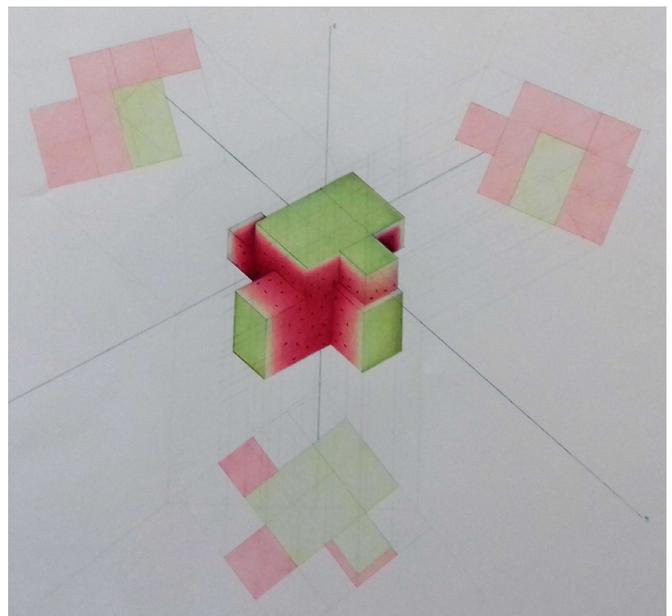
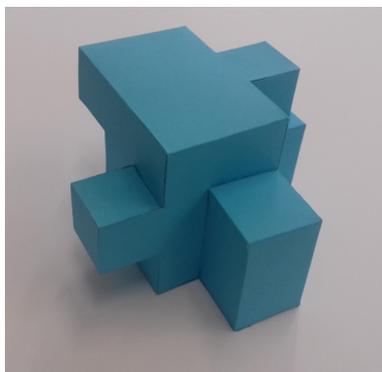
ESPAÇO GEOMETRIA DESCRITIVA AO CUBO

Decorreu de 1 de junho a 31 de outubro de 2018 e incidiu na visualização no espaço e representação tridimensional do espaço, a composição geométrica em representação diédrica e/ou representação axonométrica, com recurso a 3 cubos de poliestireno distribuídos inicialmente a cada aluno, foi solicitado que construísem um sólido geométrico composto por sólidos truncados resultantes da secção desses cubos (10º e 11º construção do sólido).

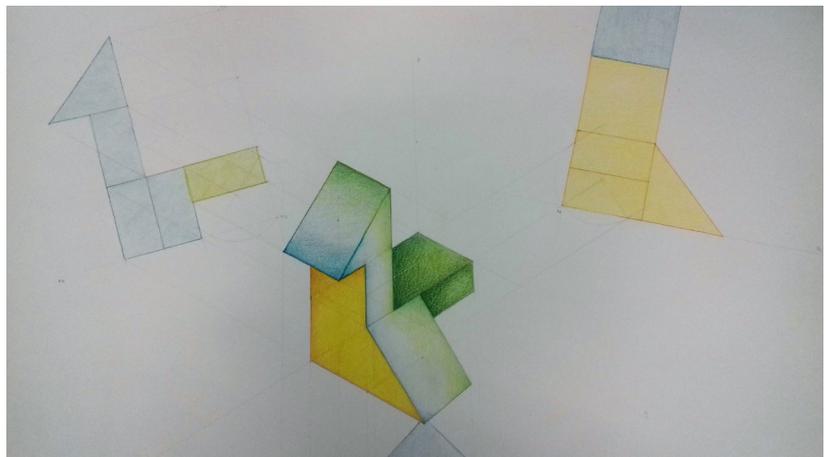
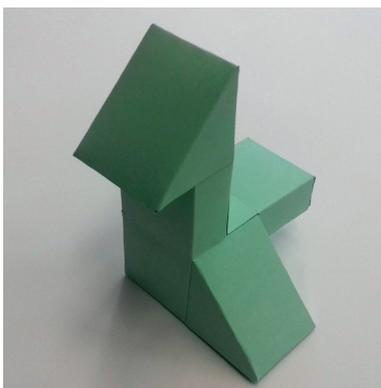
Para o 11º ano, foi acrescentada a planificação desse sólido composto (Figuras 23 a 25).



Figuras 23a e 23b - Exposição *Geometria Descritiva ao Cubo*, 10º ano.



Figuras 24a e 24b - Exposição *Geometria Descritiva ao Cubo*, 11º ano.



Figuras 25a e 25b - Exposição *Geometria Descritiva ao Cubo*, 11º ano.

À DESCOBERTA

Tendo-se realizado entre 30 de maio e 31 de outubro de 2019, esta atividade incidu na visualização no espaço e representação tridimensional do espaço, a composição geométrica em representação diédrica e/ou representação axonométrica e utilizando uma linguagem plástica através de elementos visuais e de materiais e suportes diversificados. A proposta foi para, a partir de um quadrado ou de múltiplos (se tiver mais de um quadrado, pelo menos um tem de ter cor), desenvolver uma animação, sequência ou uma surpresa (Figuras 26 e 27).

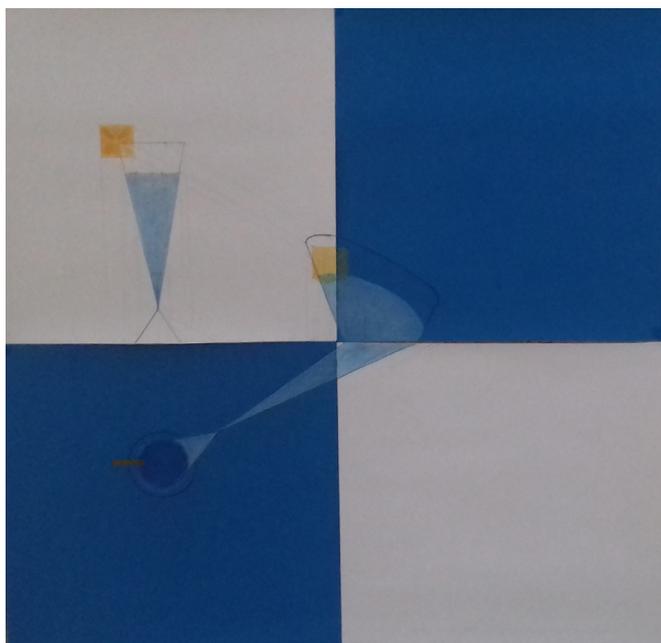


Figura 26 - Exposição *À Descoberta*, 11º ano.

Ao longo dos anos de realização do Projeto Criativo, verificamos que a atividade vem contribuindo para desenvolver e potencializar competências necessárias à percepção e à visualização espacial dos alunos; também para o aprofundamento da linguagem específica e de competências específicas a desenvolver na disciplina. É ainda uma oportunidade para a operacionalização de diferentes metodologias, tais como, aprendizagem pela descoberta e metodologia de projeto, entre outras, questões úteis a diferentes áreas de curso aquando do prosseguimento de estudos no ensino superior.

No processo de ensino-aprendizagem cremos que os alunos devem ser confrontados com problemáticas criadas pelos próprios, com vista ao questionamento, deteção de dificuldades individuais, procura de soluções articuladas com diferentes saberes e superação de dificuldades no campo da abstração e da aprendizagem pela descoberta.

O cumprimento do programa e da estrutura curricular do ensino secundário é necessário e importante, mas o tempo para reflexão e consolidação dos conhecimentos é escasso. Por essa razão é necessário passar aos alunos conhecimentos sólidos e específicos, proporcionando segurança e competência a nível intelectual e criativo.

Teresa Mafalda Gonçalves

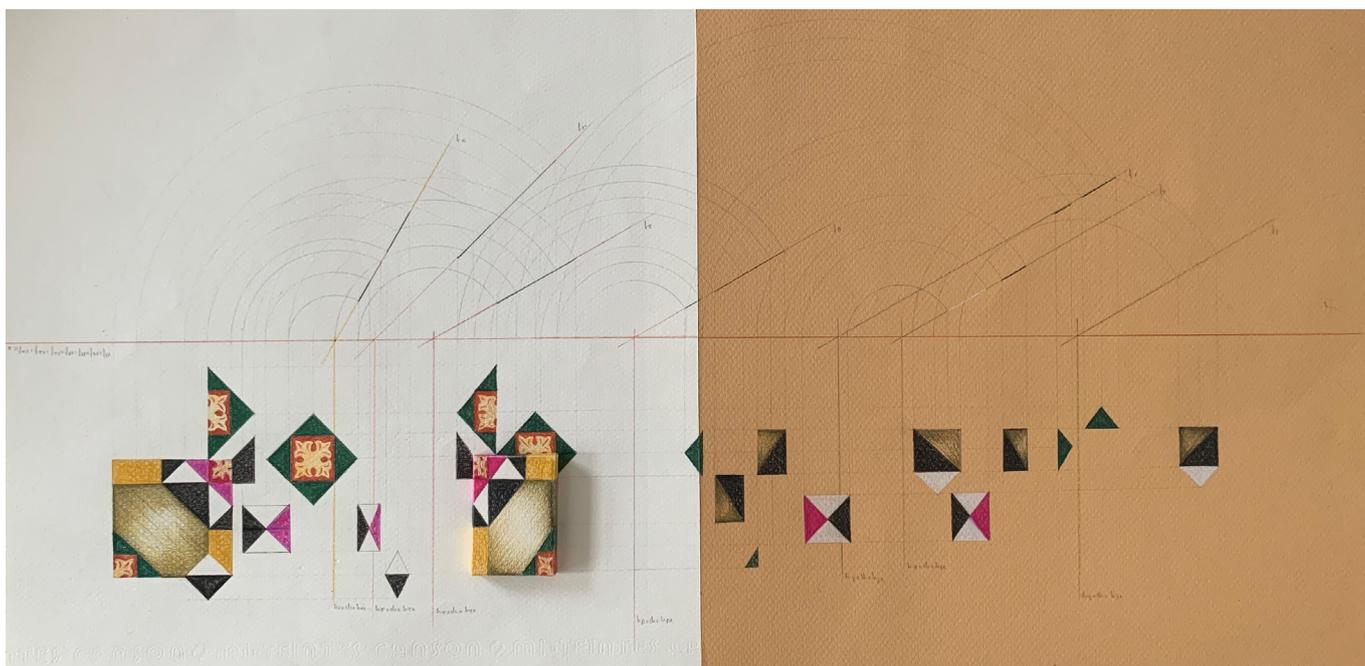


Figura 27 - Exposição *À Descoberta*, 10º ano.

GEOMETRIA NO ENSINO DA ARQUITETURA EM PORTUGAL: ENCONTRO DE DOCENTES

Alexandra Castro¹, João Cabeleira² e Teresa Pais³



Figura 1 - Participantes no encontro *Geometria. Práticas no Ensino da Arquitetura*.

No âmbito das *Jornadas Didáticas* que se realizaram na Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto nos dias 5 e 6 de outubro de 2018, os autores apresentaram uma comunicação sobre o encontro “Geometria. Práticas no Ensino da Arquitetura”. No presente artigo são dados a conhecer, em maior detalhe, o contexto em que este surgiu e respetivos resultados.

A ideia de criar um encontro que reunisse docentes da unidade curricular de Geometria do 1º ano dos Mestrados Integrados de Arquitetura do ensino público português surgiu numa conversa informal entre os autores, reunidos em Coimbra, por ocasião da Conferência Internacional *Geometrias'17*. O objetivo principal era o de proporcionar a partilha de experiências da prática pedagógica da Geometria, bem como a reflexão e o debate em torno de questões relacionadas com esta unidade curricular.

No final de 2017, foram estabelecidos os contactos necessários para levar a ideia a bom porto, e foi desde cedo que os membros da organização sentiram grande entusiasmo e receptividade por parte dos professores envolvidos, o que constituiu um fator de motivação e um indicador claro de que um debate desta natureza seria muito bem-vindo no seio dos docentes ligados ao ensino da Geometria e da Arquitetura.

O encontro veio a realizar-se no dia 6 de julho de 2018 naquela mesma cidade, mais precisamente, no edifício do Colégio das Artes, espaço que acolhe o Departamento de Arquitetura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Com o sugestivo nome “Geometria. Práticas no Ensino da Arquitetura”, reuniu docentes das instituições de origem da equipa organizadora e ainda do ISCTE (Instituto Universitário de Lisboa) e da Faculdade

¹ Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto (macastro@arq.up.pt)

² Escola de Arquitectura da Universidade do Minho (joacoelho@arquitetura.uminho.pt)

³ Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (tpais@darq.uc.pt)

de Arquitetura da Universidade de Lisboa, num total de cinco escolas participantes. Estiveram também presentes Vera Viana, presidente da Direção da APROGED, bem como alguns investigadores que se encontravam a desenvolver trabalhos de investigação na área da Geometria (Figura 1). No presente artigo, será feita uma descrição sucinta da forma como se estruturou o encontro; depois, proceder-se-á à indicação dos elementos apresentados por cada escola, com referência à publicação a que aquele deu origem; seguidamente, serão indicadas as questões que geraram consenso entre os docentes participantes e as que suscitaram divergências de opiniões; e, para finalizar, serão apresentadas algumas conclusões que o encontro fez emergir e apontadas questões que ficaram em aberto, para reflexão futura.

1. O ENCONTRO

Os trabalhos iniciaram-se com palavras de boas-vindas proferidas pelos membros da organização e por José António Bandeirinha, diretor do Departamento de Arquitetura, a que se seguiu a intervenção de Vítor Murtinho, que aproveitou para elogiar a

iniciativa e levantar algumas questões pertinentes quanto ao tema em debate (Figura 2).

Seguiu-se a apresentação das estratégias aplicadas na leção da Geometria por cada uma das escolas participantes. Ficou estabelecido que a ordem das escolas seguiria um critério geográfico, razão pela qual a primeira instituição a apresentar-se na parte da manhã foi a Escola de Arquitetura da Universidade do Minho, representada por João Cabeleira. Logo após intervieram João Pedro Xavier, José Pedro Sousa e Alexandra Castro, pela Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto. Depois de breve intervalo, foi a vez do Departamento de Arquitetura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, representado por Teresa Pais, Daniel Soares e Maria João Pinto. Da parte da tarde, os trabalhos tiveram início pela voz de Sara Eloy, do ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, seguindo-se-lhe Manuel Couceiro, em representação da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa. Tendo em conta a diversidade de estratégias pedagógicas adotadas nesta escola, a apresentação da unidade curricular foi complementada com as intervenções de Luís Mateus e Vítor Correia.



Figura 2 - Sessão de abertura.



Figura 3 - Mesa redonda moderada por Manuel Couceiro, João Pedro Xavier e Vítor Murtinho.

Terminada esta fase, o encontro prosseguiu com uma mesa redonda orientada por Manuel Couceiro, João Pedro Xavier e Vítor Murtinho (Figura 3). Este momento final de reflexão e discussão conjunta contribuiu, quer para a síntese dos temas iminentes de cada uma das apresentações, quer para o reconhecimento das várias opções curriculares e das suas condicionantes, ressaltando do debate convergências e divergências das estratégias expostas.

Contígua à sala onde o encontro teve lugar, decorreu, simultaneamente, uma exposição em suporte digital com imagens ilustrativas do trabalho desenvolvido em cada uma das escolas participantes (Figuras 4 a 11). A mostra contou ainda com trabalhos realizados por alunos do Instituto Superior Técnico, por cortesia de Ana Tomé que, impossibilitada de estar presente no evento, não deixou de enviar o seu contributo. Esta exposição foi uma peça chave no encontro, já que proporcionou aos docentes das várias instituições de ensino fazer uma leitura global das atuais abordagens no nosso país ao nível da Geometria no contexto da formação em Arquitetura.

2. ELEMENTOS APRESENTADOS POR CADA ESCOLA: A PUBLICAÇÃO

Cada docente teve, no momento da apresentação, a oportunidade de apontar objetivos, conteúdos programáticos, metodologias de ensino-aprendizagem e de avaliação e bibliografia essencial da unidade curricular a seu cargo. De modo a documentar a estratégia seguida e consequente materialização, os docentes expuseram trabalhos realizados pelos estudantes, salientando as orientações que, na altura, apresentaram para a sua resolução, o aprofundamento ao nível de objetivos perseguidos, tanto na sua dimensão cognitiva como instrumental, a par da eventual articulação com outras unidades curriculares.

As descrições apresentadas pelos participantes podem ser consultadas no livro que recebeu o nome do encontro, publicado em 2019⁴. Além de reunir os conteúdos apresentados pelos docentes de cada instituição, esta publicação inclui ainda a intervenção inicial de Vítor Murtinho, bem como dois textos de reflexão sobre o encontro, um da autoria de Manuel Couceiro e outro, de João Pedro Xavier. A publicação também colige as fichas das unidades curriculares

intervenientes, pondo em evidência, quer aspetos qualitativos respeitantes a cada uma das escolas, quer aspetos de ordem quantitativa, como o regime da disciplina (semestral ou anual), o número de ECTS ou o número de horas de contacto semanal.

3. CONSENSOS E DIVERGÊNCIAS

Tanto as apresentações de cada escola, como o debate gerado na mesa redonda que serviu de corolário ao encontro, contribuíram para tornar ainda mais claros alguns dos aspetos que se evidenciaram como consensuais. De igual modo, deixou perceber outros, algo controversos, que geraram certa discussão, fazendo transparecer diferenças de opinião relativamente a alguns temas relacionados com a didática da Geometria.

No que respeita aos aspetos consonantes, uma das constatações que o encontro suscitou foi a de que, nas várias escolas, a unidade curricular de Geometria se configura de modo diferenciado nos respetivos planos de estudo, nomeadamente em termos de carga horária, da anualidade ou semestralidade da disciplina, do tipo de aulas, do número de alunos por turma, ou mesmo ao nível das condições físicas dos espaços de lecionação e dos equipamentos aí disponíveis.

Outra ideia que gerou consenso foi a de que, apesar dessas diferenças, verifica-se clara homogeneidade no que respeita quer a conteúdos programáticos, quer a objetivos. Com efeito, torna-se evidente que, em todas as escolas, os programas da disciplina contemplam os métodos de representação tradicionais (múltipla projeção ortogonal, projeções cotadas, axonometria e perspetiva), embora abordados com maior ou menor grau de desenvolvimento. Do mesmo modo, no que toca aos objetivos, em todas as instituições observa-se uma certa convergência de esforços no sentido de desenvolver nos alunos capacidades ao nível do raciocínio espacial e da compreensão da tridimensionalidade das formas, e do domínio de instrumentos fundamentais para a conceção e a representação de objetos arquitetónicos, sendo o desenho manual entendido como o mais relevante.

Uma outra constatação que o debate fez emergir da discussão ocorrida durante a mesa redonda, foi a respeitante ao entendimento da disciplina na sua dimensão cognitiva e intelectual, em detrimento de uma visão estritamente operativa e subsidiária à representação da arquitetura. Foi unânime a opinião de que

⁴ Castro, Alexandra; Cabeleira, João; Pais, Teresa (ed.) Geometria. Práticas no ensino da Arquitetura. Livro de Resumos. Coimbra: Darq_FCTUC, EAUM; FAUP, 2019. ISBN 978-989-8963-01-7

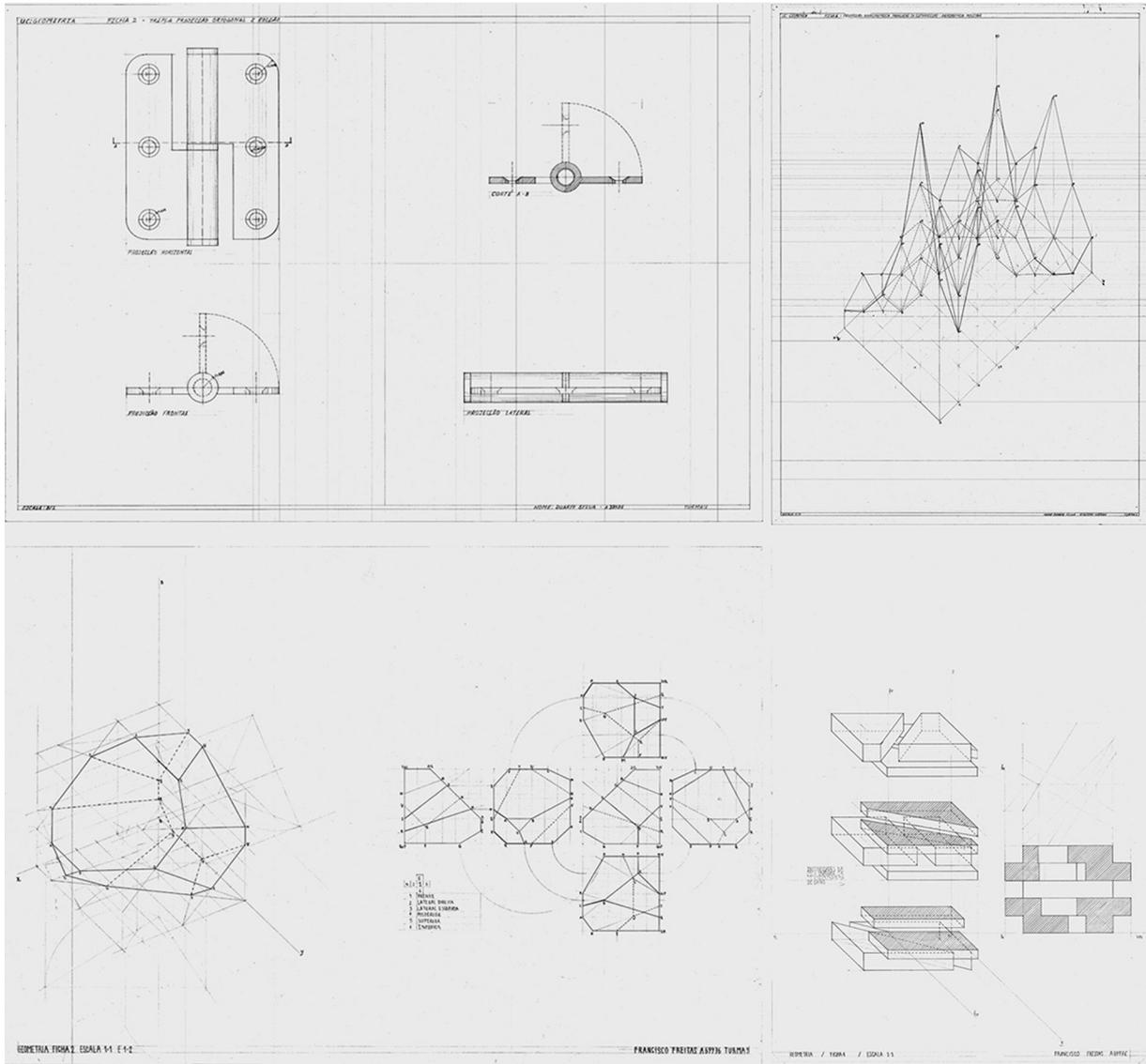


Figura 3 - Trabalhos realizados por alunos da Escola de Arquitetura da Universidade do Minho.

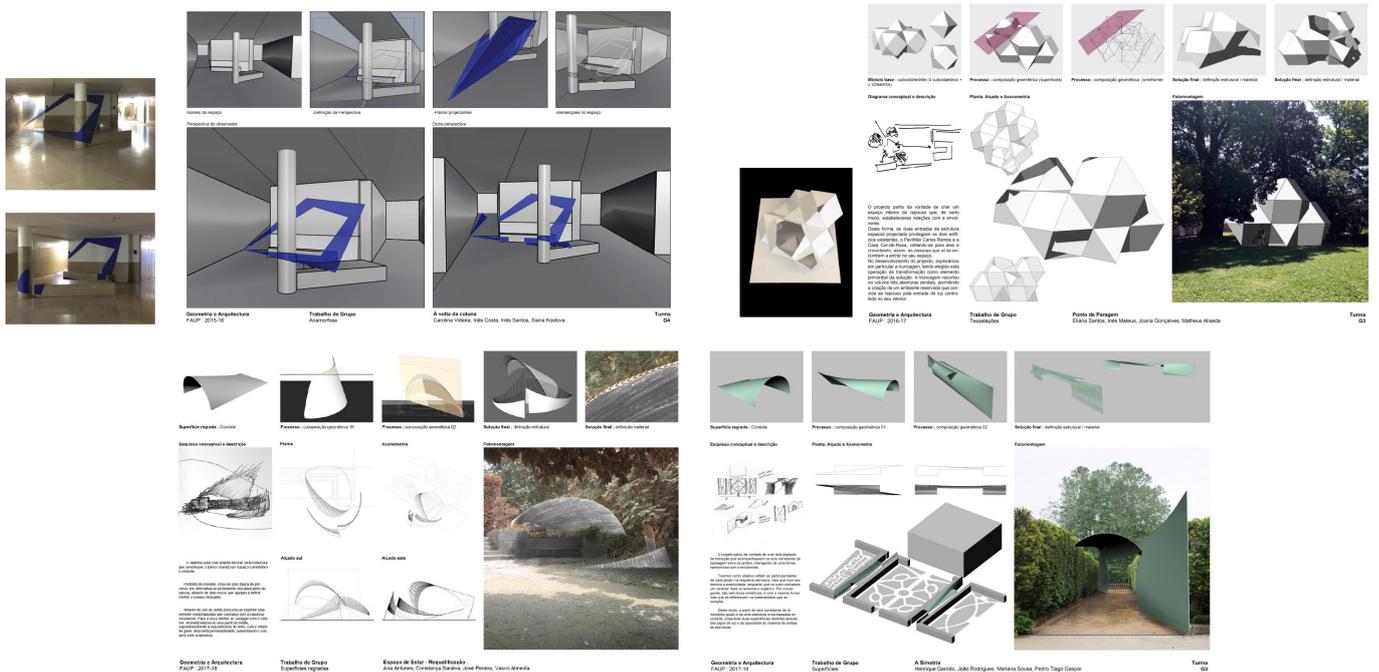


Figura 4 - Trabalhos realizados por alunos da Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto.

é de suma importância que a autonomia da unidade curricular seja salvaguardada e que não se abdique dos seus objetivos, procurando evitar deste modo que a Geometria reduza o seu papel a mera instrução gráfica de suporte à representação do projeto. Como referiu Vítor Murtinho: *“a maior parte dos nossos colegas trata a Geometria com algum desprezo. É uma tarefa menor; é algo que os alunos têm que aprender, mas que eles [colegas] não compreendem bem porque”*.

Apesar de se negar em absoluto a visão redutora da disciplina a curso de desenho técnico, tal não significa que não se estabeleçam relações com outras unidades curriculares, mas - como advertiu Vítor Murtinho - *“sem nunca perder de vista os objetivos da disciplina e a sua função no contexto do curso em que se insere”*. Tais diálogos, que podem surgir de través pela maneira como são estruturados os trabalhos práticos, ou pela forma como é construído o discurso teórico e exemplificada a sua interferência com o pensamento e prática arquitetónica, podem tornar-se importantes dispositivos que sublinham o papel operativo da Geometria, fazendo ver aos estudantes de um modo direto como esta se encontra na base do pensar e fazer arquitetura. Na verdade, como apontou Manuel Couceiro *“a arquitetura precisa da Geometria, ela é a alma da arquitetura”*. Desta discussão resultou claro que deve caber aos docentes da disciplina defender esta posição, dentro das escolas e dos currículos, bem como promover e valorizar o papel da Geometria aos mais distintos níveis de ação da arquitetura.

O tema da utilização de ferramentas digitais na prática pedagógica da Geometria também revelou alguns aspetos consensuais entre os docentes. Foi uníssona a ideia de que é necessária e urgente uma reflexão aprofundada sobre o potencial contributo das novas tecnologias no campo disciplinar da geometria e, conseqüentemente, no da arquitetura. Ainda que o posicionamento relativamente a este assunto não tenha sido unânime - como se verá mais à frente -, todos os participantes reconheceram a relevância que estes instrumentos têm atualmente na prática arquitetónica. Como disse Vítor Murtinho *“os computadores são uma inevitabilidade”*.

De facto, para além de se afirmarem como ferramentas com capacidades executivas mais potentes e complexas do que as oferecidas pelos recursos tradicionais, não há dúvida de que a sua aplicação no processo projetual está a modificar significativamente os modos de pensar, compreender e visualizar o espaço. Durante o encontro, foi ainda referido o facto de

o recurso a ferramentas digitais, potenciadoras do pensamento abstrato em detrimento de um carácter mais instrumental, se processar em muitas escolas apenas nos anos mais avançados e, de um modo geral, em unidades curriculares opcionais. Tal circunstância leva a que só um pequeno grupo de alunos estabeleça contacto com as possibilidades advindas dessa utilização. Ora, esta situação em nada reforça a capacidade de tais ferramentas enquanto catalisadoras de processos cognitivos e conceptuais, pouco contribuindo para a presença e reforço da Geometria em investigações desenvolvidas no domínio da Arquitetura. Neste contexto, e como afirmou João Pedro Xavier, o facto de no primeiro ano se promover o contacto com as possibilidades oferecidas pelas ferramentas digitais permite estender a sua experimentação a todos os estudantes, podendo vir a criar-lhes o desejo para a sua eventual exploração futura.

No que diz respeito às questões que geraram maior discussão, estas relacionaram-se tanto com estratégias de ensino como com a aplicação de novos recursos instrumentais.

Um dos aspetos controversos foi o referente ao nível de complexidade formal explorada em exercícios práticos, tendo-se abordado este assunto sob dois pontos de vista. O primeiro prendeu-se com a supremacia da aquisição de conceitos em detrimento da exploração do virtuosismo gráfico. Neste sentido, alguns docentes defenderam que o importante na aprendizagem da Geometria é a aquisição de conceitos, pelo que a complexidade formal dos exercícios deve ser bem ponderada. Nas palavras de João Pedro Xavier, *“parece-me que os conceitos podem-se ensinar, explorar e desenvolver sem que se gaste demasiado tempo com o recurso a instrumentos de rigor como sejam o T, a régua, o compasso, isto é, com exercícios muito elaborados e que exijam muito labor manual. Creio que hoje não tem justificação de ser”*.

O segundo ponto de vista relacionou-se com as vantagens e desvantagens associadas à repetição. Neste âmbito, as opiniões dividiram-se entre os que defendem esta estratégia como dispositivo para a interiorização de procedimentos e aquisição de rigor, e os que privilegiam práticas assentes na realização de exercícios mais expeditos que permitem ampliar o ensaio dos conteúdos programáticos. No primeiro grupo, incluiu-se Vítor Correia, que a certa altura da discussão, frisou que *“quando estamos num plano formativo, elementar, a repetição pode ser útil”*, acrescentando pouco depois que, pelo facto de *“o exercício de*

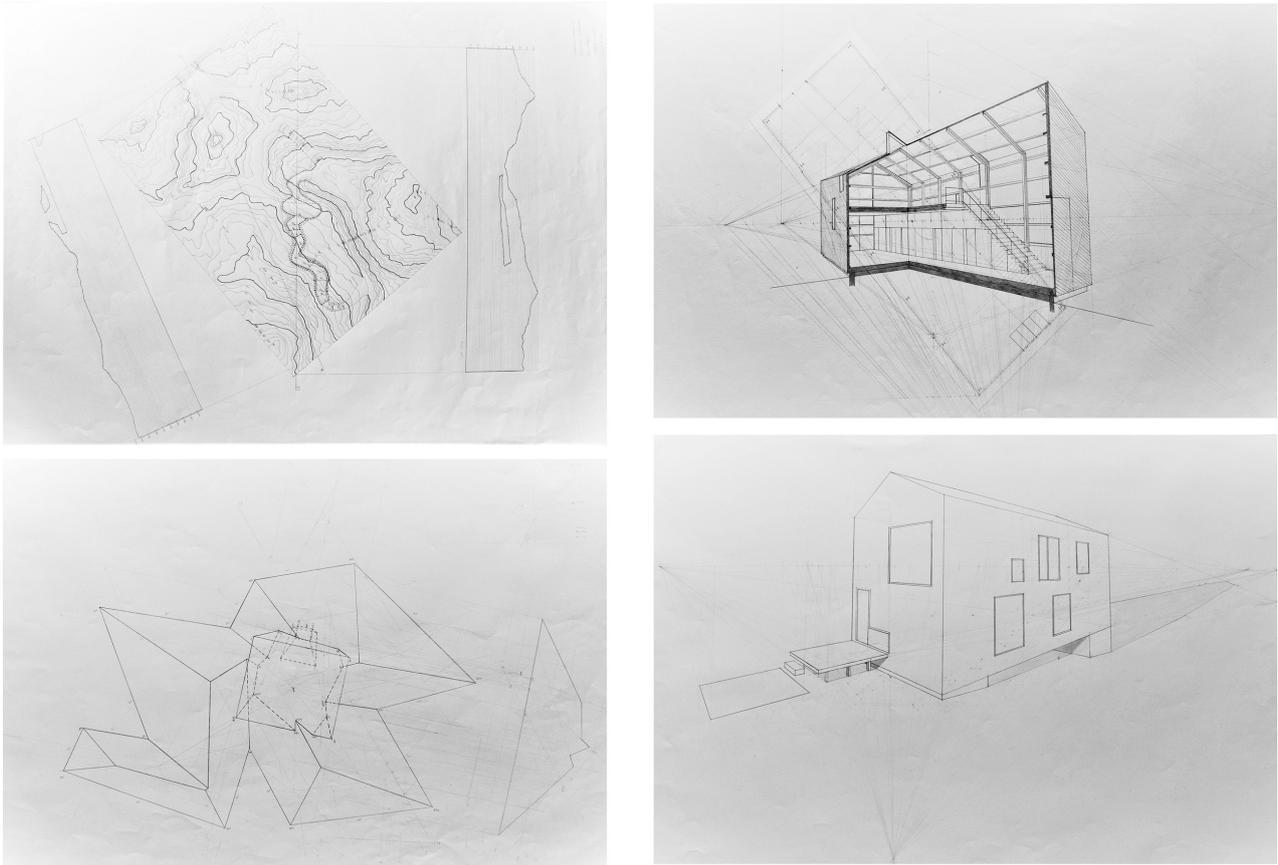


Figura 6 - Trabalhos realizados por alunos do Departamento de Arquitetura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

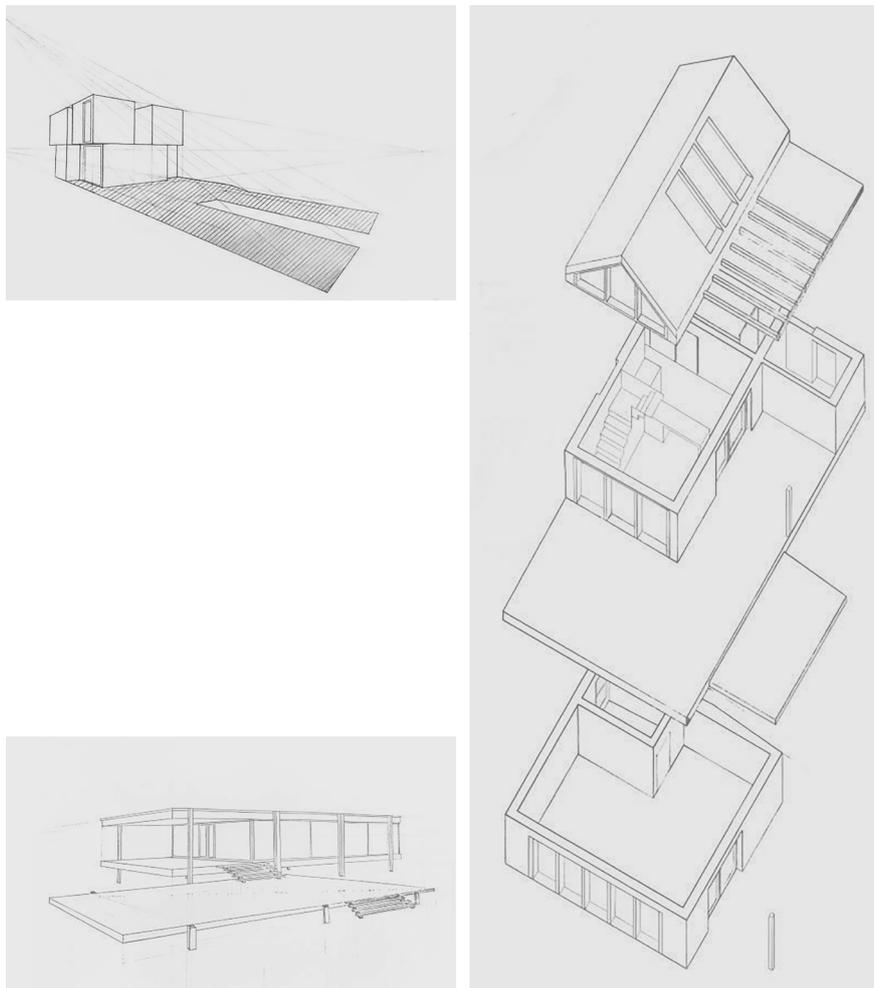


Figura 7 - Trabalhos realizados por alunos do Instituto Universitário de Lisboa.

axonometria obrigar [os estudantes] a pensar sobre o objeto, a sintetizá-lo, a perceber a sua morfologia e a interpretá-lo, a repetição é muito relativa. O que há é uma manualidade intensiva, e essa manualidade tem aspetos formativos que são importantes para alunos do 1º ano. Não temos os meios computacionais só porque sim, só porque são mais rápidos e mais eficazes, e às vezes há vantagens em andar mais devagar, nestas fases mais iniciais da aprendizagem”.

Do segundo grupo, destacou-se Luís Mateus, que afirmou não reconhecer grande vantagem na repetição, considerando haver meios mais expeditos para aprender e alcançar o mesmo resultado final. Apesar desta divergência de opiniões, Vítor Murtinho considerou que as posições dos dois docentes, aparentemente antagónicas, não eram tão diferentes quanto poderiam parecer, concordando ambos que *“há momentos no processo de aprendizagem em que as repetições originam algumas consciencializações, mas depois não pode ser uma repetição absolutamente inútil, ou seja, repetir só por repetir”.*

Uma outra questão que se revelou menos consensual prendeu-se com a introdução de ferramentas digitais de desenho. Como já foi referido, apesar de todos reconhecerem a importância que hoje assumem as novas tecnologias na prática da arquitetura, o posicionamento relativamente a este tema não foi unânime. A única escola que, à data, agregou suportes digitais nos métodos de ensino da Geometria foi a Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto. Claramente a favor da sua integração, os docentes desta escola falaram da sua experiência e do impacto positivo que sentiram ao nível da motivação nos alunos. Como reforçou José Pedro Sousa, a integração das ferramentas digitais mostrou que os alunos revelam uma forte empatia e facilidade em aceitar estas novas tecnologias de desenho. Explicou ainda que, no que se refere aos conteúdos programáticos, a introdução do computador permitiu abrir o programa da unidade curricular a temas da Geometria até agora menos explorados e simultaneamente muito pertinentes no contexto da prática arquitetónica contemporânea. Este professor referiu: *“vejo a importância de lidarmos com as novas tecnologias como determinante para o futuro da Geometria no ensino da Arquitetura, como uma oportunidade e, mais do que isso, quase como um dever nosso, dos arquitetos, que*

gostamos de estudar e de ensinar Geometria”. Nas palavras de João Pedro Xavier, *“a introdução do computador foi a porta aberta para levar a Geometria mais longe”.* Manuel Couceiro, não sendo contra e reconhecendo a utilidade dos meios informáticos, alertou: *“o computador faz-me falta, mas não é preciso começar por aí. Entendo que há outros conceitos, há outros dados que os alunos têm que absorver e que são prioritários, são mais importantes”.*

4. CONCLUSÕES E QUESTÕES EM ABERTO

Como conclusão, um dos aspetos que deve ser mencionado em primeiro lugar diz respeito à importância de se refletir sobre o ensino da Geometria no ensino superior. Além de ter sido o fator que esteve na génese do encontro, tornou-se evidente, durante e no final deste, a sua relevância no seio da comunidade académica ali reunida. Com efeito, tendo-se alcançado os objetivos delineados inicialmente, não houve dúvida de que o encontro permitiu reconhecer práticas pedagógicas, bem como identificar e encetar a discussão sobre alguns temas pertinentes às circunstâncias específicas do ensino da Geometria nas escolas de Arquitetura.

Em segundo, diremos que refletir sobre esta unidade curricular implica, no âmbito de cada instituição de ensino, ponderar sobre a carga cognitiva e instrumental com que se ambiciona dotar os alunos, futuros arquitetos, e consciencializá-los do perfil de arquiteto que se pretende formar. Implica também ter presente os conteúdos e potencialidades intrínsecos à disciplina, tendo em consideração a sua interferência no modo de olhar, pensar e fazer arquitetura, sem descurar aspetos tão importantes como a ponte com o ensino secundário e as condições em que se faz o acesso ao ensino superior. Neste contexto, sublinhe-se o papel de inquestionável relevância que a Aproved tem desempenhado nestes processos.

Em suma, o evento foi sentido por todos como um importante momento de trabalho e de reflexão, estando por isso agendada, para um futuro próximo, a realização de novo encontro sobre o tema.

Alexandra Castro, João Cabeleira e Teresa Pais

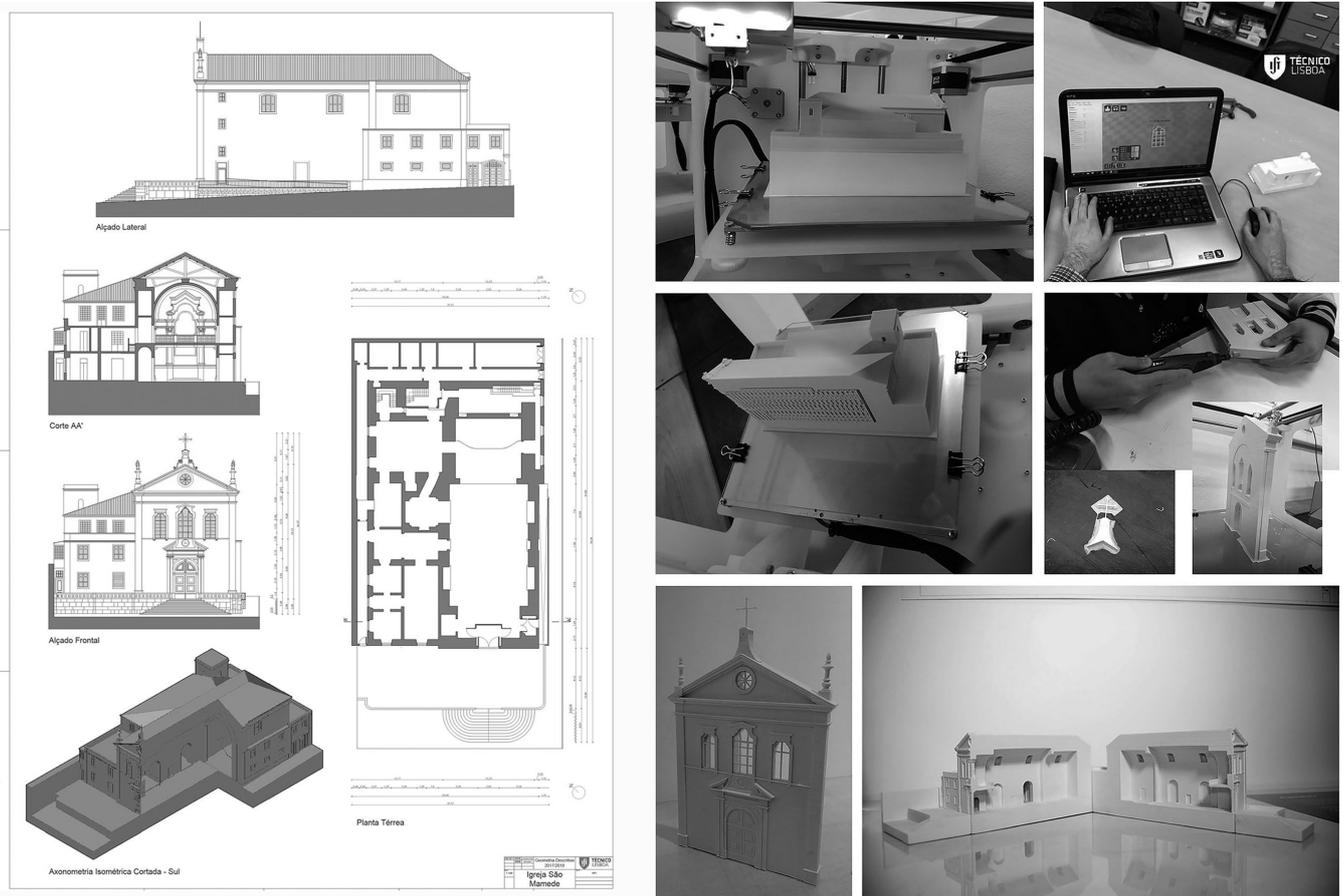


Figura 8 - Trabalhos realizados por alunos do Instituto Superior Técnico.

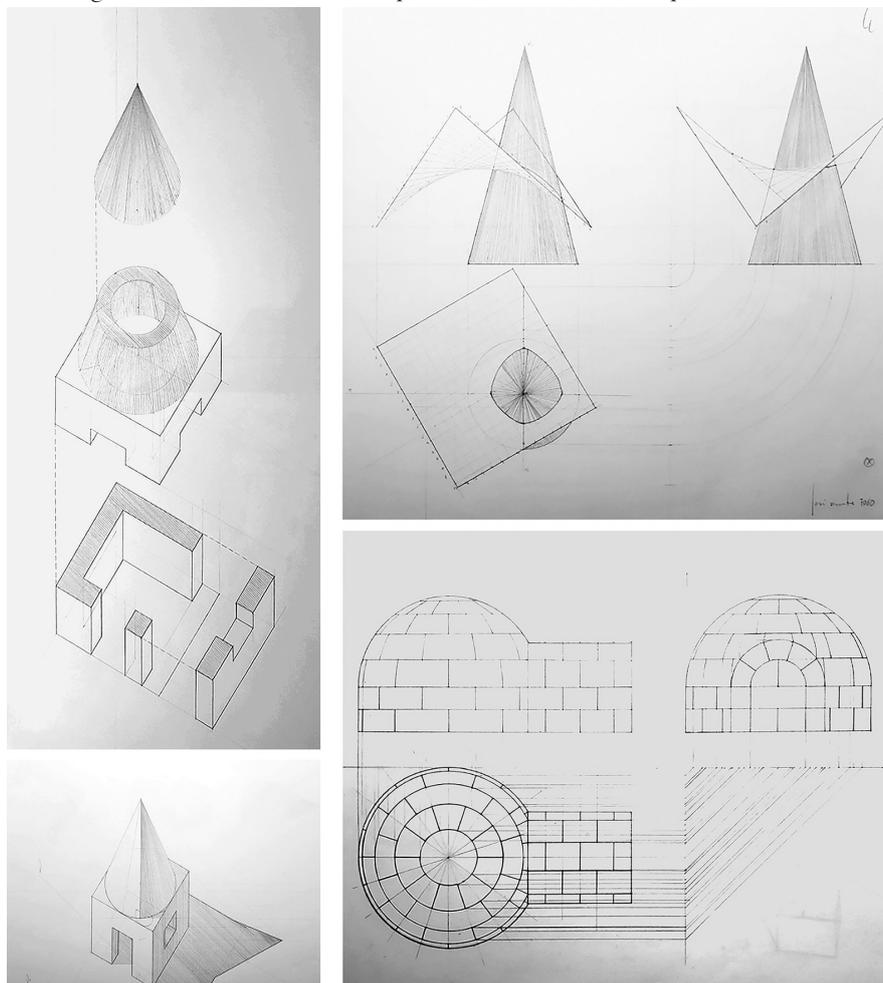


Figura 9 - Trabalhos realizados por alunos da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa.

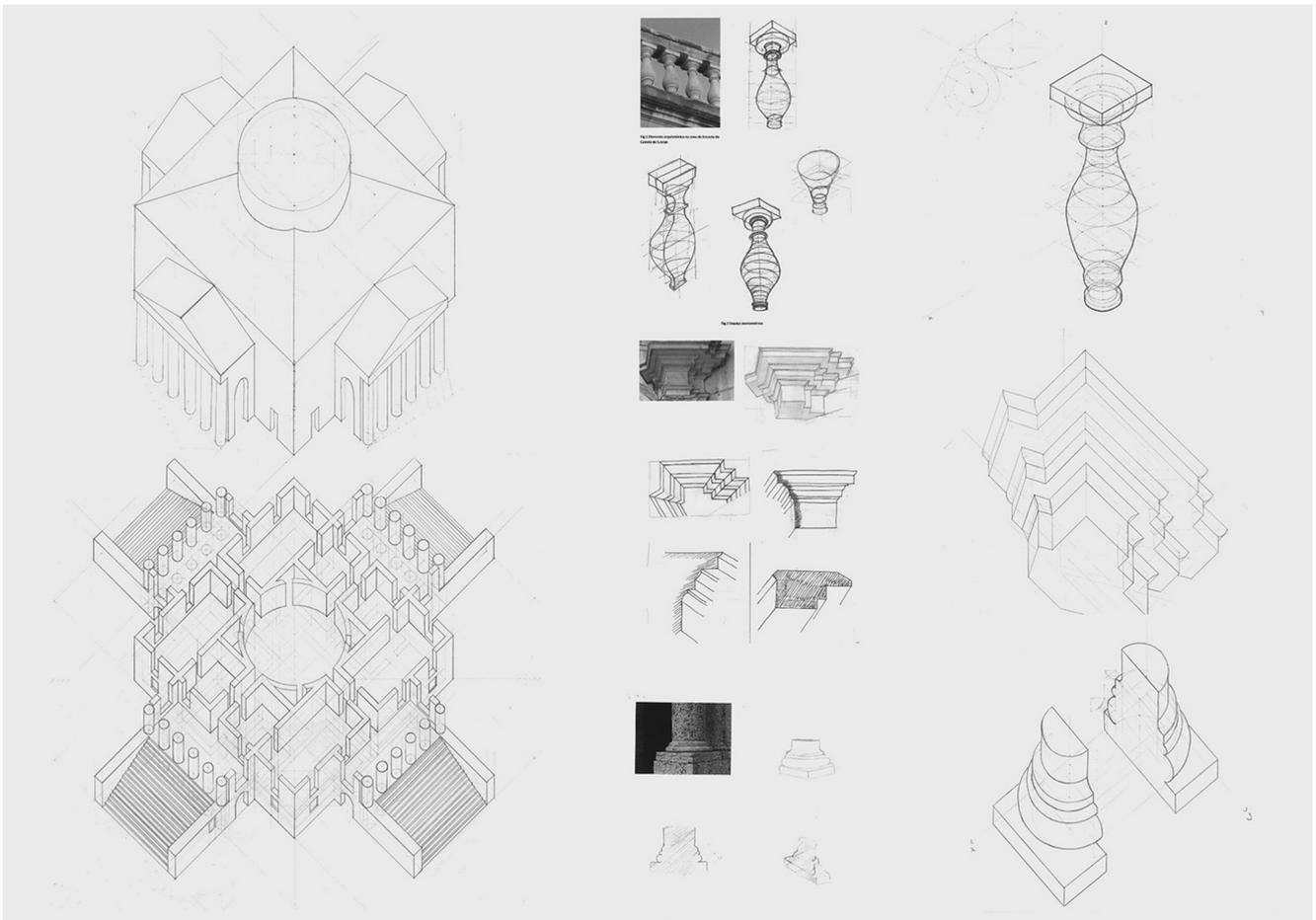


Figura 10 - Trabalhos realizados por alunos da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa.

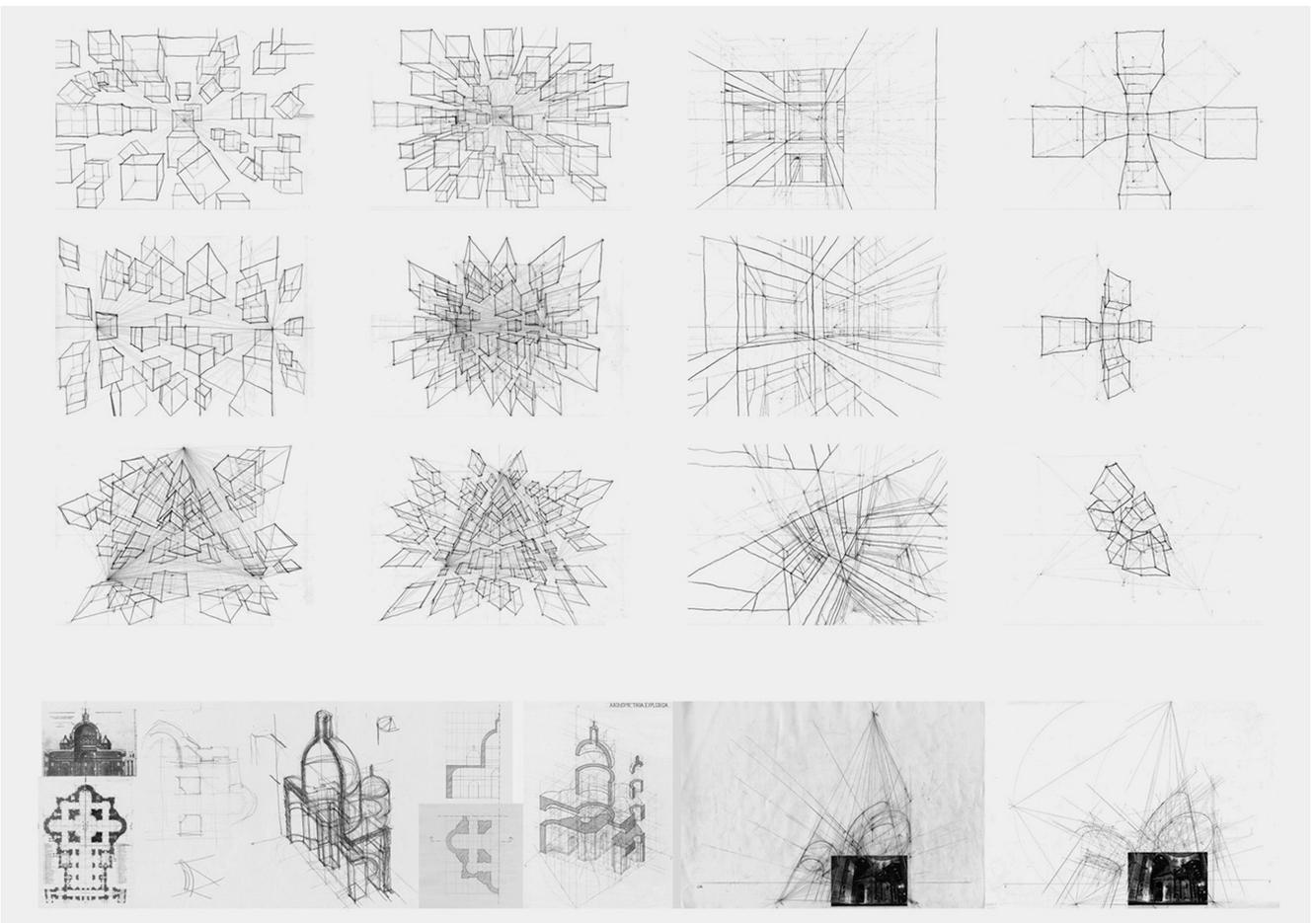


Figura 11 - Trabalhos realizados por alunos da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa.

A AÇÃO EDUCATIVA DA GEOMETRIA GRÁFICA BIDIMENSIONAL: ABORDAGEM DE UM ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO

Juliane Figueiredo Fonseca¹, António Manuel Dias Domingos²
e Maria João Bravo Lima Nunes Delgado³

1. INTRODUÇÃO

O desenho geométrico (DG) consiste na expressão gráfica dos conhecimentos teóricos da geometria. De acordo com Marmo e Marmo [01:12] há uma

relação perfeita entre o DG e a Geometria, pois ambos estudam as figuras geométricas com seus conceitos e suas propriedades. O desenho é a geometria gráfica.

Para as áreas profissionais que exigem o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial como as Engenharias, a Arquitetura, as Artes, o *Design* e outras, o aprendizado do Desenho Geométrico propicia um maior embasamento teórico para a compreensão da Geometria Plana e Espacial, bem como favorece o desenvolvimento do raciocínio lógico, da precisão, da organização matemática e da criatividade. O Desenho Geométrico auxilia não apenas a área da Matemática mas as Ciências como um todo, porque é, como refere Raymundo, um "*instrumento artístico, científico e tecnológico, e assim, de desenvolvimento do próprio homem*" [02:110].

Contudo, é importante que o processo de ensino-aprendizagem dessa disciplina possa ser potencialmente significativo, de forma a que os alunos tenham condições de perceber a importância dos conhecimentos geométricos para sua formação, bem como sua aplicação na resolução de problemas enfrentados no cotidiano da prática social. Com a intenção de apresentar um, dentre os possíveis caminhos, este trabalho relata a experiência didática realizada em 2012 na disciplina Geometria Aplicada (GA), com alunos do primeiro ciclo do curso de Bacharelado Interdisciplinar em Artes e Design, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Minas Gerais, Brasil (MGBR).

O presente trabalho estrutura-se em cinco seções: além da Introdução e da Conclusão, na segunda seção é abordada a perspectiva significativa da aprendizagem e sua relação com a ação educativa da geometria gráfica bidimensional. Na terceira seção, a experiência didática da disciplina GA é relatada, seguida, na quarta seção, pela discussão dos resultados.

1 Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil (juliane.fonseca@ufjf.edu.br)

2 Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (amdd@fct.unl.pt)

3 Faculdade de Arquitetura, Universidade de Lisboa (mjoaodelgado17@gmail.com)

2. A PERSPECTIVA DE UM ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO

Por ação educativa, considera-se o modo de transformar a vida em processos permanentes de aprendizagem, auxiliando a integração entre ensino e prática social, conhecimento e ética, reflexão e ação. Consiste também em conduzir o sujeito por um caminho intelectual, emocional e profissional em direção à realização e à contribuição para a mudança social. Nessa ação objetiva-se um processo de crescimento e de desenvolvimento de uma pessoa em sua totalidade, abarcando quatro grandes áreas: a do conhecimento, a do afetivo-emocional, a das habilidades e a das atitudes ou valores. De Masetto transcrevemos:

A aprendizagem na área do conhecimento compreende o desenvolvimento intelectual do homem em todas as suas operações mentais: capacidade de pensar, refletir, analisar, comparar, criticar, justificar, argumentar, inferir conclusões, generalizar, buscar e processar informações, compará-las, criticá-las, organizá-las, produzir conhecimentos, descobrir, pesquisar, criar, inventar, imaginar. São aprendizagens mais complexas do que apenas receber informações e reproduzi-las.

Por desenvolvimento afetivo-emocional entende-se o contínuo e crescente conhecimento que o aluno deverá adquirir de si mesmo, dos diferentes recursos que possui, dos seus limites, das potencialidades a serem otimizadas. Diz respeito ao desenvolvimento de sua autoestima e ao relacionamento com as pessoas do grupo, incluindo colegas e o próprio professor, ao clima de confiança a ser criado em aula, ao espírito de solidariedade, cooperação, respeito, diálogo a ser construído entre os participantes do processo de aprendizagem.

O desenvolvimento na área de habilidades humanas e profissionais significa aprender o que podemos fazer com os conhecimentos adquiridos: aplicá-los, resolver problemas, criar novas soluções, usá-los em situações novas e diferentes daquelas onde os aprendemos, aperfeiçoar e desenvolver técnicas, instrumentos e procedimentos.

A consideração do desenvolvimento de atitudes e valores coloca-nos no aspecto mais delicado da aprendizagem de um profissional. É razoavelmente claro para o professor que suas aulas deverão permitir que o profissional ali formado tenha condições de responder com competência pelas soluções tecnologicamente corretas aos problemas e desafios

profissionais que se lhe apresentarem em seu trabalho. O que não é tão claro para este mesmo professor é que em cada decisão tecnológica que um profissional toma há nela embutidas consequências que afetam pessoas, grupos humanos, meio ambiente, cultura, política, saúde, educação, cidades, nações, que precisam ser analisadas e discutidas antes que a solução tecnológica seja assumida [03:607].

Em qualquer ação educativa, assim como na gráfica bidimensional, três ações interdependentes são essenciais: o ensinar, o aprender e o apreender, segundo referem Anastasiou e Alves [04], e para que seu propósito se efetive, é necessário compreender as dimensões da ação de ensinar.

O verbo ensinar contém, em si, duas dimensões: uma de utilização intencional e uma de resultado, ou seja, a intenção de ensinar e a efetivação dessa meta pretendida [04:17]

É exatamente a partir da distinção de qual ação está presente na meta estabelecida ao ensinar - aprender ou apreender - que as práticas educativas são delineadas. As autoras diferenciam ainda a ação de *aprender* da de *apreender*, embora exista em ambas a relação entre sujeitos e conhecimento. Para as autoras,

o verbo aprender, significa tomar conhecimento, reter na memória mediante estudo, receber a informação de [enquanto que] apreender significa segurar, prender, pegar, assimilar mentalmente, entender, compreender, agarrar... [04:19].

Nesse sentido, destacam a necessidade de se ir além do aprender, que tem-se restringido em um processo de memorização, na direção do apreender o significado de um objeto ou de um acontecimento,

construção de um conjunto de relações, em que o novo conhecimento apreendido pelo aluno amplie ou modifique o sistema inicial [04:21].

Nessa lógica, busca-se estabelecer uma relação entre o *aprender* e o *apreender* com as noções de aprendizagem mecânica e significativa, respectivamente. A aprendizagem é dita mecânica, quando decorre de uma situação de ensino não contextualizada, "na qual novas informações são memorizadas de maneira arbitrária e literal" [05: 05], ao invés de se relacionarem de forma significativa com os conhecimentos preexistentes na mente do aprendiz. Esse tipo de aprendizagem tem pouca retenção, não requer compreensão e não abrange novas situações. Segundo Moreira,

Durante um certo período de tempo, a pessoa é inclusive capaz de reproduzir o que foi aprendido, mas não significa nada para ela [06:18].

Na aprendizagem significativa, diferentemente, o que se propõe ensinar "*se relaciona com o universo de conhecimentos, experiências e vivências do aluno* [07:09], ou seja, com seus conhecimentos prévios.

...uma nova informação adquire significados para o aprendiz através de uma espécie de ancoragem [...] em conceitos, ideias, proposições já existentes em sua estrutura de conhecimentos (ou significados) [06:18].

Conforme defendem Abreu e Masseto, espera-se, como resultados de uma aprendizagem significativa, o desenvolvimento das capacidades do aluno em aplicar o que foi aprendido em determinada situação a uma variedade de situação semelhantes - a transferência de aprendizagem. Quanto mais significativa for a aprendizagem, ou seja, quanto mais "fizer sentido", mais duradoura será a retenção do material na memória, bem como a capacidade de suscitar modificações nos valores, no sistema conceitual, na autoestima e, por certo, no comportamento do aprendiz [07:10]

Para Moreira:

A aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica não constituem uma dicotomia: estão ao longo de um mesmo contínuo [08:41]

no qual se posicionam todas as aprendizagens. Desse mesmo autor, o "*Esquema do contínuo aprendizagem mecânica-aprendizagem significativa*" [08:41], assinala que, entre os tipos de aprendizagem, há uma zona intermediária, na qual, a partir de um ensino potencialmente significativo, poder-se-ia caminhar do aprender (aprendizagem mecânica) rumo ao apreender (aprendizagem significativa). É importante enfatizar que o ensino só pode ser potencialmente significativo, não significativo, "*pois o significado está nas pessoas, não nas coisas*" [08:37]. São os aprendizes que atribuem significado àquilo que se ensina e se aprende. Abreu e Masseto referem que um ensino potencialmente significativo se relaciona com a noção de que *toda aprendizagem é pessoal [...] ela só acontece na pessoa do aprendiz e pela pessoa do aprendiz* [07:10].

Corresponde àquilo que Moreira e Massoni apresentam como predisposição do aluno para aprender, ou seja,

o seu querer relacionar interativamente os novos conhecimentos, de forma não-arbitrária e não-literal, com seus conhecimentos prévios [09:121].

Esse querer relacionar presume uma atitude de protagonismo e pro-atividade do aprendiz. De acordo com os autores, não se trata exatamente de gostar da matéria, mas

sim perceber que os novos conhecimentos são relevantes, enquanto construções humanas, para a cidadania, para a vida, para o contexto sociocultural, para a formação profissional [09:121],

enfim, para sua educação.

E quais os cenários de aprendizagem propícios para o desenvolvimento de um ensino potencialmente significativo? Aqueles que se organizam com base nos aspectos apontados por Masseto [10:43]:

- *Relacionam-se com o universo de conhecimentos, experiências e vivências do aprendiz;*
- *Permite a formulação de problemas e questões que de algum modo interesse e envolva o aprendiz;*
- *Permite o confronto experiencial com problemas práticos de natureza social, ética, profissional;*
- *Permite ao aprendiz participar com responsabilidade do seu processo de aprendizagem;*
- *Favorecem e ajudam o aprendiz a aplicar o que aprendeu na escola para outras situações de vida;*
- *Suscitam modificações no comportamento e até mesmo na personalidade do aprendiz.*

Estes cenários de aprendizagem, para além do "dar e assistir aulas", se configuram na ação conjunta do "fazer aulas", segundo Anastasiou e Alves [04:21]. No primeiro caso, aos participantes do processo (professor e aluno) cabem os respectivos papéis - de protagonista, detentor e transmissor de saberes - e de receptores, assimiladores e repetidores passivos. No "fazer aulas", por outro lado, ao professor compete atuar como um profissional da docência e um mediador pedagógico, que se assume como facilitador, orientador e corresponsável pelo processo de aprendizagem de seu aluno. Enquanto a este, como sujeito central, cabe o exercer das ações necessárias para que a aprendizagem ocorra.

A atuação profissional da docência no ensino superior implica abarcar competências "*de três áreas: a do conhecimento, a pedagógica e a política*" [11:98]. Na primeira área, ao professor é necessário um domínio, em extensão e profundidade, do conteúdo a ser apreendido pelo aluno. Em termos pedagógicos, para o planejamento de cenários de aprendizagem voltados para a formação integral, é necessária uma clara compreensão, por parte do professor, de quais competências para o exercício profissional o aluno pode desenvolver com sua disciplina. Esta compreensão norteará

a organização do conteúdo, a seleção das estratégias para aprendizagem e da bibliografia e a forma do processo avaliativo [11:100].

Por fim, quando se atua em sala de aula, o professor leva consigo o cidadão que também é e o seu próprio comprometimento com o desenvolvimento social. Essa dimensão cidadã é a que corresponde ao exercício da dimensão política.

Uma competente atuação profissional da docência propiciará condições favoráveis para uma competente atuação discente, estimulando o aluno a desenvolver-se integralmente, nas áreas cognitiva, afetivo-emocional, de habilidades e de atitudes ou valores. No contexto brasileiro, entretanto, ainda se constata, em certa medida, uma ação educativa da gráfica bidimensional fundamentada no paradigma de “*dar e assistir aulas*”. A primazia de um ensino abstrato dos fundamentos geométricos, cuja aplicação no contexto da vida prática, bem como importância para a formação profissional não são claramente evidenciados. Assim, as construções geométricas são ensinadas como uma sequência de procedimentos mecânicos (arbitrários e literais) sem qualquer significação, se restringindo a roteiros a serem seguidos de forma autômata pelos alunos. Este cenário de aprendizagem não predispõe o aluno a querer relacionar interativamente os novos conhecimentos, de forma não-arbitrária e não-literária, com seus conhecimentos prévios.

O presente trabalho com a intenção de não mais fazer parte do contexto tradicionalista de “*dar e assistir*” aulas, pretende contribuir com um caminho, dentre outros possíveis, de um ensino potencialmente significativo do DG. Na próxima seção, apresentamos a experiência didática da disciplina GA.

3. UM “FAZER AULAS” NA PRÁTICA EDUCATIVA DA GEOMETRIA APLICADA

Lecionada no curso de Bacharelado Interdisciplinar em Artes e Design da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), a disciplina GA compõe o grupo de disciplinas de formação básica em Artes e pertence ao núcleo das matérias de *Fundamentos das Linguagens*, ao lado de outras como *Estudo da Cor, Desenho de Observação e Linguagem Visual* [12]. Ela foi ministrada presencialmente no primeiro ano do curso, com carga horária de quatro créditos semanais e tinha por objetivo abordar os fundamentos iniciais do DG e possibilitar o conhecimento da morfologia geométrica e sua consequente atividade gráfica como recurso para o desenvolvimento de atividades artísticas. A partir da própria nomeação da disciplina (Geometria Aplicada) e do seu objetivo geral, era de se

pressupor que a ação educativa desenvolvida na mesma fosse conduzida de forma a explicitar as possibilidades e importância da aplicação dos conhecimentos geométricos na resolução de problemas da prática social. No entanto, o primeiro autor, ao assumir a disciplina GA⁴, no segundo semestre de 2011, deparou-se com um cenário de aprendizagem estruturado no paradigma de “*dar e assistir aulas*”. Ao professor, como protagonista da ação educativa, competia a transmissão dos conceitos geométricos, seguida pela execução das construções gráficas, de caráter abstrato, não relacionadas com uma aplicação prática cotidiana ou profissional. Aos alunos cabiam a reprodução e memorização dos passos de construção.

No primeiro semestre de 2012, com o intuito de propiciar um “*fazer aulas*”, a ação educativa da disciplina foi reestruturada. O primeiro passo correspondeu à definição de um cenário de aprendizagem que propiciasse um ensino potencialmente significativo. Para cada unidade, foram propostos desafios contextualizados de *design* de produtos, com temáticas relacionadas com a prática cotidiana ou profissional - no presente trabalho, apresentamos os resultados das unidades de ensino 1 e 2, respectivamente, *design* de jogo educativo infantil e linha de joias.

Com estes desafios, intentou-se promover uma situação de aprendizagem que interessasse e envolvesse o aluno e permitisse ainda, em certa medida, o confronto experiencial com problemas práticos de natureza social e profissional, bem como o estimulasse a participar com responsabilidade do seu processo de aprendizagem, tendo o professor como mediador.

Com o intuito de propiciar uma formação integral nas áreas de conhecimento, de habilidades, afetivo-emocionais e de atitudes e valores, o segundo passo foi redefinir os objetivos de aprendizagem e os métodos didáticos favoráveis ao seu alcance (Quadro 1) A exploração de um uso variado de estratégias didáticas, alinhadas com os objetivos de aprendizagem, favoreceu abarcar diferenças individuais no grupo de alunos da classe, bem como o desenvolvimento mais amplo de habilidades. Por exemplo, se um curso todo é dado sob a forma de aulas teórico-práticas, como era o caso da referida disciplina, não estarão criadas condições para o desenvolvimento de outras habilidades, como trabalho em grupo, expressão oral, resolução problemas e etc. Para as Unidades de Ensino 1 e 2, foi proposto o desafio de *design* de um

⁴ A disciplina ficou sob a responsabilidade do primeiro autor durante o segundo e primeiro semestres de 2011 e 2012, respectivamente.

jogo educativo infantil e de uma linha de joias, respectivamente. Para tanto, na primeira unidade foram explorados os conteúdos geométricos: construções fundamentais e posição relativas de duas retas e na segunda unidade: arcos e ângulos; polígonos regulares. No desenvolvimento dos desafios foram sistematizados as seguintes etapas:

1. Atividades de pesquisa e estudo de caso sobre a temática do projeto em variadas fontes.
2. Desenvolvimento do *design*. a) Trabalho em dupla: (i) texto de apresentação da proposta; (ii) composição geométrica do produto e (iii) protótipo do produto; b) Trabalho individual: traçado geométrico, com precisão e rigor, da composição geométrica e roteiro textual da mesma.
3. Produtos: Trabalho em dupla: Protótipo do produto; Trabalho individual: Memorial descritivo contendo: (i) texto de apresentação e (ii) roteiro gráfico e textual da composição geométrica.

Cinco aulas foram destinadas para o desenvolvimento de cada unidade de ensino. Nas duas primeiras, os fundamentos geométricos e as construções gráficas foram abordados a partir da observação dos elementos da vida cotidiana e de aulas teórico-práticas. Nas demais aulas para o desenvolvimento dos passos do desafio contextualizado e a socialização dos resultados, demandaram-se posturas de mediação do professor e de protagonismo dos alunos.

Em dupla, as atividades de pesquisa e os estudos de caso foram realizadas extraclasse e, em sala, discussões sobre a concepção da composição geométrica do produto, que tiveram a orientação do professor. Definida a composição, individualmente, mas com a possibilidade de assistência, por parte do professor e do outro integrante da dupla, foram desenvolvidos o traçado geométrico, com precisão e rigor, da composição geométrica, bem como o roteiro textual

da mesma. Estes roteiros intentaram promover uma reflexão no fazer da ação, uma vez que a realização da construção gráfica da composição, atrelada à sua descrição textual, poderia desencadear processos cognitivos distintos. Os alunos mostraram-se envolvidos e entusiasmados nas aulas de desenvolvimento do desafio. Os produtos entregues (Figuras 1, 2 e 3). apresentaram uma adequada sistematização, tanto na elaboração do roteiro textual, quanto no traçado geométrico. Na última aula da unidade de ensino houve o seminário de socialização dos produtos elaborados. O ambiente físico da sala de aula configurou-se como espaço livre de exposição e interação.

4. DISCUSSÃO DA PROPOSTA DE UM “FAZER AULAS”

Pelo fato da experiência didática ter ocorrido em apenas um semestre, reconhecemos a limitação de se obter resultados conclusivos, estes apenas possibilitam algumas inferências. Com a reestruturação da disciplina fundamentada no desenvolvimento de desafios contextualizados, buscou-se implementar uma ação educativa relacionada com o universo de conhecimentos e vivências dos alunos e que lhes permitisse, em certa medida, uma experiência de confronto com problemas práticos de natureza profissional. Ao se refletir sobre a própria prática educativa na disciplina GA destacamos alguns pontos:

- i. Considera-se positivo, a nível pedagógico, a estruturação da disciplina com vistas a possibilitar um “fazer aulas” em lugar de “dar e assistir aulas”; o nível satisfatório de comprometimento e motivação dos alunos no desenvolvimento das propostas de *design*, bem como a qualidade dos resultados apresentados, são indícios de uma participação responsável no processo de aprendizagem;

Quadro 1: Objetivos de aprendizagem da disciplina Geometria Aplicada

Áreas	Objetivos de aprendizagem	Métodos didáticos
Conhecimento	Construir saberes a respeito dos fundamentos do desenho geométrico.	Aula teórico-prática; Observação dos elementos da vida cotidiana; Pesquisa; Estudo de caso; Trabalho individual e em dupla; Trabalho gráfico; Trabalho escrito; Construção de protótipo; Seminário de socialização; Deslocamento físico.
Habilidades	Visualizar formas geométricas na vida cotidiana; Aplicar conhecimentos de DG na produção humana; Desenvolver imaginação e criatividade; Manusear com destreza os instrumentos de desenho; Executar com precisão e rigor matemático os traçados geométricos; Expressar e comunicar com os pares; Diferenciar, organizar, comparar e criticar informações;	
Afetivo-emocional	Reconhecer e trabalhar emoções: empatia, atenção, respeito, cooperação, autoestima, ...	
Atitudes/Valores	Construir socialmente o conhecimento; Favorecer posturas de protagonismo do aluno e mediação do professor.	



Figura 1 - Atividade 1: Jogo de montar geométrico (Fotos do primeiro autor).

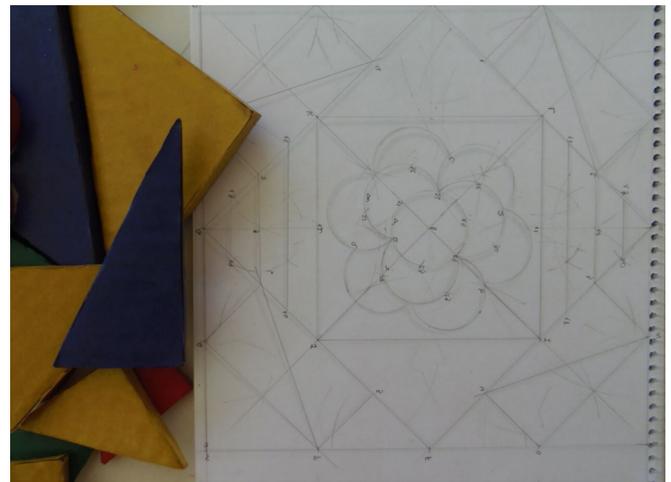


Figura 2 - Atividade 1: Jogo Cores e flores: mosaico geométrico (Fotos do primeiro autor).

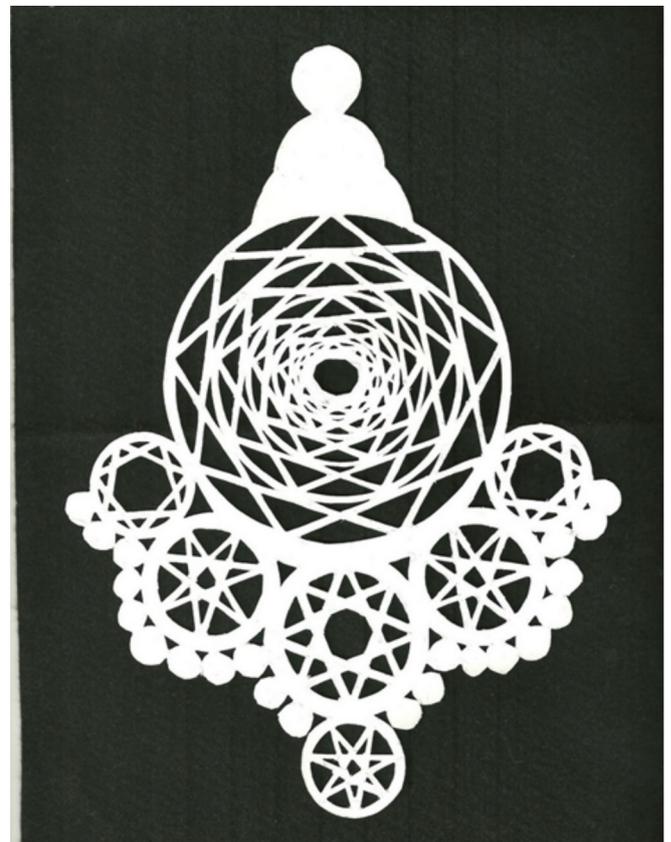
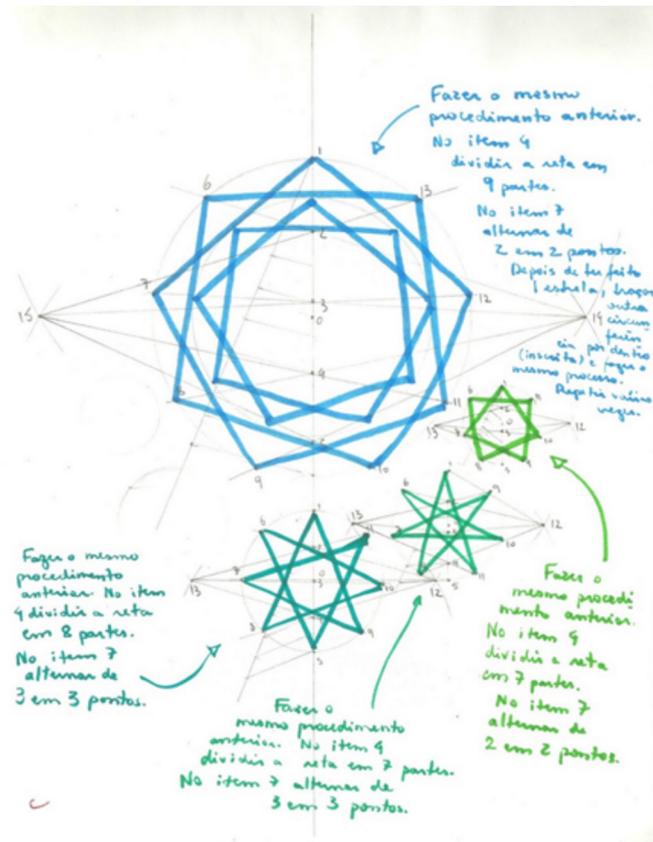


Figura 3 - Atividade 2: Linha de joias: polígonos (Fotos do primeiro autor).

- ii. Se reconhece a vulnerabilidade da reestruturação da disciplina quanto a estratégia didática explorada nas unidades de ensino; para todas as unidades, foi proposta a realização de um desafio contextualizado, embora com conteúdo e temáticas diferentes e explorou-se a mesma forma de desenvolvimento das atividades, fato que pode ter comprometido, ao longo do semestre, o interesse do aluno;
- iii. Se reconhece a vulnerabilidade da predefinição das temáticas dos desafios contextualizados; embora os alunos tenham demonstrado envolvimento no desenvolvimento das atividades, se as temáticas tivessem sido definidas coletivamente, talvez os níveis de interesse e engajamento pudessem ter sido maiores, o que fortaleceria a adoção de uma postura autônoma por parte dos alunos;
- iv. Considera-se positiva a forma como os vários métodos didáticos foram explorados no decorrer do desafio contextualizado. Propiciou-se um dinamismo no desenvolvimento da atividade, o que pôde ter interferido positivamente na ocorrência de uma predisposição do aluno em querer aprender de modo significativo.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho relatou a experiência de reestruturação da disciplina GA realizada no curso de Bacharelado em Artes e Design, UFJF-BR, em 2012,

com alunos brasileiros do primeiro período do curso. A nível pedagógico, a reestruturação da disciplina intentou propiciar condições para a ocorrência de um ensino potencialmente significativo, no qual os envolvidos - professor e alunos - atuassem como corresponsáveis pela ocorrência da apreensão dos saberes. Dessa forma, na proposição de um “fazer aulas”, desafios contextualizados foram desenvolvidos, na intenção de revestir de sentido os conteúdos da geometria, para além de um ensino abstrato e mecânico. Os métodos didáticos explorados no desenvolvimento dos desafios buscaram criar condições para que o aluno fosse capaz de apreender os conteúdos e, assim, poder aplicá-los a outros contextos da vida social. Pelo curto prazo de desenvolvimento da ação educativa apresentada, não se pôde inferir o nível de aprendizagem alcançada pelos alunos - mecânica ou significativa -, mas considera-se que o caminho trilhado na estruturação de um cenário de aprendizagem voltado para um ensino potencialmente significativo se apresentou como promissor.

Considera-se que a maior contribuição deste trabalho residiu em apresentar como uma atuação profissional da docência é capaz de propiciar condições favoráveis para uma competente atuação discente, estimulando-o a desenvolver-se integralmente, nas áreas cognitiva, afetivo-emocional, de habilidades e de atitudes ou valores.

Juliane Figueiredo Fonseca,
Antônio Manuel Dias Domingos e
Maria João Bravo Lima Nunes Delgado

REFERÊNCIAS

- [01] Marmo, C., & Marmo, N. (1994). *Desenho geométrico*. Scipione.
- [02] Raymundo, M. F. S. M. (2010). *Construção de conceitos geométricos: investigando a importância do ensino do desenho geométrico nos anos finais do ensino fundamental* [Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Severino Sombra, Vassouras]
- [03] Masetto, M.T. (2011, Julho). Inovação na aula universitária: espaço de pesquisa, construção de conhecimento interdisciplinar, espaço de aprendizagem e tecnologias de comunicação. *Perspectiva*, 29(2), 597-620. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/2175-795X.2011v29n2p597>.
- [04] Anastasiou, L. G. C., & Alves, L. P. (Eds.). (2004). Processo de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. UNIVILLE. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2547831/mod_resource/content/1/Processos%20de%20Ensinagem.pdf.
- [05] Moreira, M. A. (2000). *Aprendizagem significativa crítica* [Conference session]. III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa, Portugal. <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2018
- [06] Moreira, M.A. (2010). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. Centauro.
- [07] Abreu, M. C., & Masetto, M.T. (1987). *O professor universitário em aula: prática e princípios teóricos*. MGED. Associados.
- [08] Moreira, M. A. (2012, Março). Al final, que és aprendizaje significativo? *Qurriculum*, 25, 29-56. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/96956>.

INVENTION AND ORDER: THE PROPORTIONAL CONTRIBUTION IN JOÃO MENDES RIBEIRO'S ARCHITECTURE

Joana Maia¹ and Vítor Murtinho²

INTRODUCTION

The aim of this research is to understand the role of proportion as a tool in the contemporary project regarding the methodology of the Portuguese architect João Mendes Ribeiro (JMR)³. On a journey marked by an alternation of disciplines (architecture and scenography [01,02, 03]) JMR stabilizes a particular methodology fertile in interdisciplinary relations that, according to our opinion, is worthy of a detailed analysis. Essence, efficacy, abstraction, and elegance are characteristics that Manuel Graça Dias underlines in the body of work of JMR, qualities naturally provided by *a refinement, a delicate way of feeling and establishing proportions* [...], [*setting*] *an accurate drawing*⁴ [04: 14]. Geometry is the instrument in a process of high management capacity where debugging, clarity of language, and economy of means, are the result of

surgical interventions capable of producing significance, flexibility and adaptability. The word proportion dominates this equation, where consistency and rigour extend from prior studies to the completion of the constructive process, in a salutary relationship between parts understood as a whole in a prevalent search for a balanced resolution. The *invention* of the project (as an act of creation) is supported by the order element, intellectualizing a method that revives a seemingly forgotten theme in contemporary theory: proportional value⁵.

RESEARCH

Graduated in Porto (1986) and with a teaching practice linked to Coimbra's School, JMR (1960) had the opportunity to work closely with Fernando Távora, an opportunity that consolidated his understanding of

1 Departamento de Arquitectura, Universidade de Coimbra, Portugal (joana.maia@uc.pt)

2 Centro de Estudos Sociais, Departamento de Arquitectura, Universidade de Coimbra, Portugal (vmurtinho@uc.pt)

3 This paper is part of a broader research in progress, focused on understanding the value of proportion (in its classical Euclidean version, that is, within the geometric framework of the point, line and plane) in the practice of the contemporary project in Portugal. With a selection of nine architects configuring case studies, several works and methodologies are analysed aiming to understand, within a broad observation framework, not only the systemic types of practices and their relationship with the current cultural context, but also the definition of the concept in its full capacity. The research presented here summarizes one of these case studies.

4 Free translation from: "refinamento, um modo delicado de sentir e estabelecer proporções [...], [configurando] um certo desenho".

5 The analyses presented, fundamentally based on the observation of the project, were structured on the methodological guidelines provided by JMR, having subsequently been subject of discussion and validation by the architect himself.

architecture. JMR shares, with other important Portuguese architects, a number of assumptions shaped by an intense intellectual standpoint: the attention given to the management of a project, controlling social/personal transformations; a sensitive attention to the site; the recognition of historic value; the importance of drawing; the solidity and enhancement of the construction process; and a sensitivity for the potentiality of materials. These assumptions consolidate a praxis which is improved with experience. His method follows a minimalist drawing of an assumed rationalist bond, where influences are transversal from the field of architecture to the universe of arts, personified in names such as Mies van der Rohe or Donald Judd, just to mention a few the author states as his influences [05: 190]. This fact, that sometimes allows him to achieve abstraction, increasing opportunities of experience and meaning, leads to an understanding of space as a phenomenon of metamorphosis, capable of introducing flexibility and adaptability as pressing requirements for contemporaneity. If architecture tectonics seem to demand it more than ever, the transience of scenography emerges as an experimental field, promoting the transmission of ideas between disciplines. The notion of representation and scenographic ephemerality forays the field of architecture in an attempt to make its own persistence more flexible, incorporating a certain dominant *magic* that is found in the atmosphere of theatres: if the occurrence is verifiable in projects made from scratch, it is underlined in architectural heritage interventions subject to successive (and necessary) readaptations⁶.

Despite JMR's search for a synthetic approach, practice does not end in the mathematical abstraction, but rather reveals a humanistic concern extensible to a methodology rich in its own personalized complexity. Some of JMR's routes of exhaustive knowledge, aimed to establish bonds with the new intervention, proceed from the program's definition to the analysis of the site; from topographic directives to guidance premises; from edified spaces to those non-edified; and from the relationship between building and body. Regulating lines (of material or immaterial nature) occur as connecting channels to establish precise links for the construction of an ordered design,

⁶ To understand the contamination between fields see, for example, the scenography *As orações de Mansata* (2013) and the interior work of the Center of Visual Arts, Coimbra (1997-2003), or the scenography *Vermelhos, negros e ignorantes* (1998) and the interior work of the Chímico Laboratory Museum, Coimbra (2001-2006).

with particular emphasis in an initial phase. Simple geometric figures, starting with the square,⁷ arise as gauge for the construction of accurate definitions during the composition⁸. Modular systems appear as a stabilizing rule of particular importance in relation to the constructive matter and the stereotomy of materials. Different proportional systems are applied at different stages of the process, communing with the creative strand as well as a required constructive rationalization. Nonetheless, it is important to denote a sense of continuity and interpenetration that, to a certain extent, is recognizable between different phases and systems, in which the choice of a dimension that supports the development of the project is not a mere abstraction in relation to the site, construction, concept or even the human body. It is up to the constructive phase to rigorously fine-tune the pre-established dimensions, focused on the alignment of the various systems adopted, now adjusted to detail without prejudice of the conceptual structure. Although in the work of JMR the geometric proportion largely surpasses the arithmetical⁹, with no tradition in its numerical logic and corresponding multiple and sub-multiple, this fact does not yield in any inconsideration for measure itself. Anthropometric concerns are played in first instance in the intuitive/sensorial experience of space itself, where exact dimensions are tested in relation to his own body measures to be, afterwards, implemented. Along with his obsession with the square proportion and permanent search for precise rectangular relations, the notebooks and measuring-tape are used daily by JMR in his continuous surveys. Examples of these tested experiences, that testify a permanent search to create a structured archive aimed to support future project decisions, are seen in Figure 1: a room of the *Convent Sainte Marie de La Tourette* by Le Corbusier, a handrail in Cádiz by Alberto Campo Baeza or the S. Benedetg Chapel by Peter Zumthor. A database adequate to the comfort of the human body.

The criterion chosen by JMR is that of the study of standard measures, not in the universal sense but

⁷ *An obsession I have is the shape of the square* (free translation from: "Uma obsessão que eu tenho é a forma do quadrado" [06]).

⁸ JMR keeps returning, through drawing, to these diagrams, namely in the black notebooks of daily use, searching for the stabilized dimensions of rectangular spaces: square; $\sqrt{2}$ rectangle; golden rectangle; square and a half rectangle. Despite the minimum difference, the change of scale in length is considered relevant (Figure 1).

⁹ *I give the fundamental dimensions and the rule, and deep down these rules are what interpret the very concept of the project* (free translation from: "Eu dou as cotas fundamentais e dou a regra, e no fundo essas regras são o que interpreta o próprio conceito de projecto" [06]).

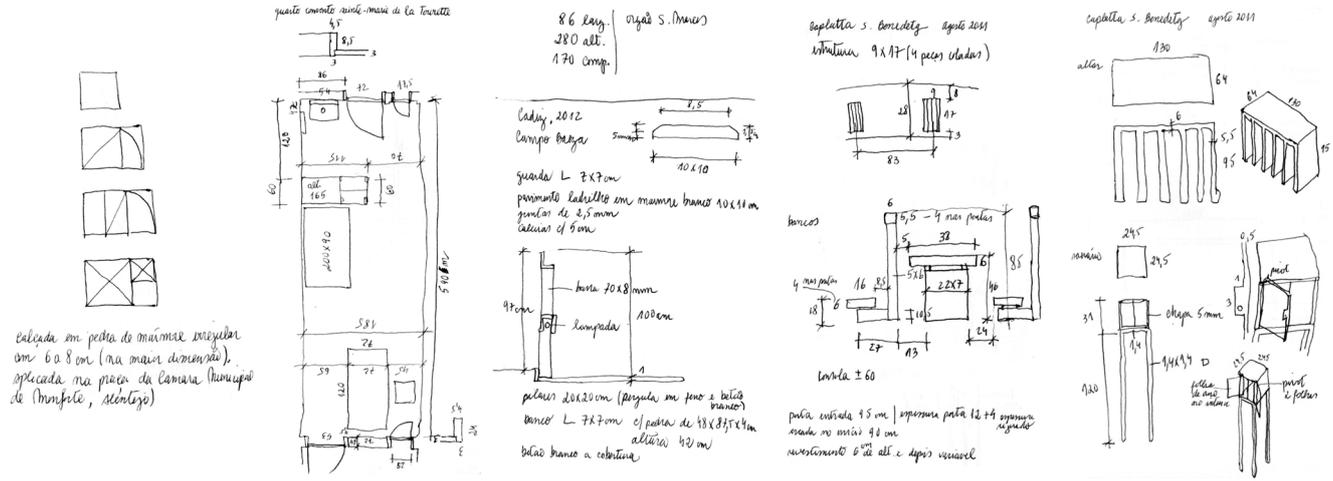


Figure 1 - Survey drawings: Sequence (square/ $\sqrt{2}$ rectangle/golden rectangle/square and a half rectangle); Measurements (room of the Convent Sainte Marie de La Tourette, Le Corbusier; handrail in Cádiz, Alberto Campo Baeza; S. Benedictg Chapel, Peter Zumthor) Credits: João Mendes Ribeiro's archive.

assuming the architect as a character that tests dimensions in itself, setting proportions through a dimensional register. From the fascination with the minimal dimension or confort of relationships to the tense provocation between bodies in space (closure/release), JMR shows that, although proportion exists, it does not function in the traditional pursuit of stable harmony. The exercise follows the search for emotional intensity, through an ongoing research not detached from his own experience with scenography¹⁰. Therefore, it is proportion itself that seems to support the idea even if destined to escape a preconceived notion of balance: both harmony and conflict can, and should, follow a path of rigour. The notion of globality also boosts the development of proportional exercise in both planimetric and altimetric layout, in the conjugation of the volume and its real materiality, promoting the organism to an integrated whole. In order to deepen this methodology where proportion plays a crucial role, two works by the architect of Coimbra are proposed for analysis, exemplifying his theoretical thought in these matters.

HOUSE AND SWIMMING POOL, CHAMUSCA DA BEIRA (2005-2006/2010-2013)

The expansion of the pre-existing house and the construction of the swimming pool and its dependencies

10 In scenography, JMR starts from the actor's body as a generator of space, for a reciprocal interaction between interpreter and physical environment conforming a highly personalized process. In the practice of his architecture, that is to say in the "stage of life", given the impossibility of measurability, JMR assumes the role of actor/interpreter, projecting in the comfort of the actor, his personal comfort in the living of spaces [05: 291-302; 07; 08]. This way, his research emphasizes a sensorial aspect, extendable to the interaction with its direct agent (the human body), showing his humanist inclination.

in Chamusca da Beira are a clear example of a practice devoted to a permanent proportional sense. The aim of the project was to associate the rehabilitation of the courtyard, including a covered space before the wall that was previously used as the firewood house, with a complementary space that acts as a living room with the ability to serve the surrounding outdoors: a concrete volume. A wall seems to separate *two eras* almost as if embodying an organic axis that structures a mediating space between two realities, confronted in a tense gesture that promotes a conceptual symmetry of reflection. The introduction of this duality, ostensible in the convergence of the inclination in both roofs, is softened not only by connecting elements that interrelate the distinct spaces but also (and paradoxically) by symmetry itself, capable of suggesting mimesis. Topography emerges as an initial theme to solve the basic relations in height, with other pre-existing parameters (natural and constructed) contributing to the germination of the volumetric definition. The wall, the well, the water basin and some pre-existing trees, as premises of the garden, guide some of the alignments of the composition, establishing important references aimed to materialize certain regulating lines, crucial not only to the implementation of the new volume but also to conjugate its relations with the surrounding environment. If this occurs with preexistent elements, others that were also proposed ensure the balance of the ordered composition, completing the whole scenario. Two tangents to the well's circle, perpendicular to each other, define planimetric key alignments that specify the starting point of the modulation of the volume: point *P1*. A longitudinal axis is generated, building the elongated character of the volume,

punctuated on both sides by finely centered finishing elements: the water mirror in weathering steel in the southeast, and the proposed tree in the northwest. To the southwest, a cluster of trees seems to engage in a dialogue with the alignment of the wall, while, at the same time, two exterior trees (one already existent and the other, proposed) become essential to the alignment of the openings: a contribution meant to guide the visual perception from the interior space (Figure 2).

In planview, a cuboid volume is structured in a 3:1 relation, defining the mediation between the preexisting building and the garden. Consequently, axes and alignments descendent of this initial metric define not only the design of the enclosure, but its extension to the space outside. Dimension *B* (half of *A*) allows the introduction of a great part of the symmetry axes of the openings and defines the central axis in the transversal dimension. Dimension *C* (a quarter of *A*) draws a great part of the limit of the openings (Figure 3a). Outside, next to the main facade, two great square platforms implement the steps of two main openings in dimension *B*, with the third step of the third window defined, in a smaller scale and different geometry, with length *C*. It is interesting to denote how the two main platforms in the transition from the interior level to the garden, horizontally display the missing form of the corresponding opening in the vertical plane. In the opposite facade, the minimal dimensions outlined by the contracted axes highlight a tense mediation between volumes, in strict relation

to the preceding metric values *C*, *D* and *E*, creating an intimate confrontation with relations close to the human body. It is important to emphasize the disconnection between these elements that reestablishes each one individually, while maintaining their profound interrelation (axes *A* and *B* in Figure 3b are an example of this).

Similar relationships extend to the altimetry, where the 3:1 ratio is transposed in close relation with the highest elevation point of the terrain showing, as we have said, JMR's sensitive attention to topography (Figure 4). As in the starting point *P1* of the layout drawing, it is from the altimetric dimension next to the well that the proportional construction begins, conforming an extra space of variable treatment. In the opposite side, it is possible to confirm that the idea of dimensional excess presented in the base is adjoined at the elevation as part of the cover, in the proportion of a square with length *C*, thus materializing a desire for the restitution of a certain balance. The submetric, then, emerges from this relation, establishing openings and wooden shutters, always related with a square or double square geometries in the main longitudinal elevation. The metric continues in the opposite facade, where the conceptual decisions implement a more unstable drawing and scale by testing minimal dimensions. However, the geometric rigor, a depuration of the centrality or the precision in the alignments, remains. This exercise is also visible in sections and lateral elevation's drawings, where a pursuit for proportional balance is not

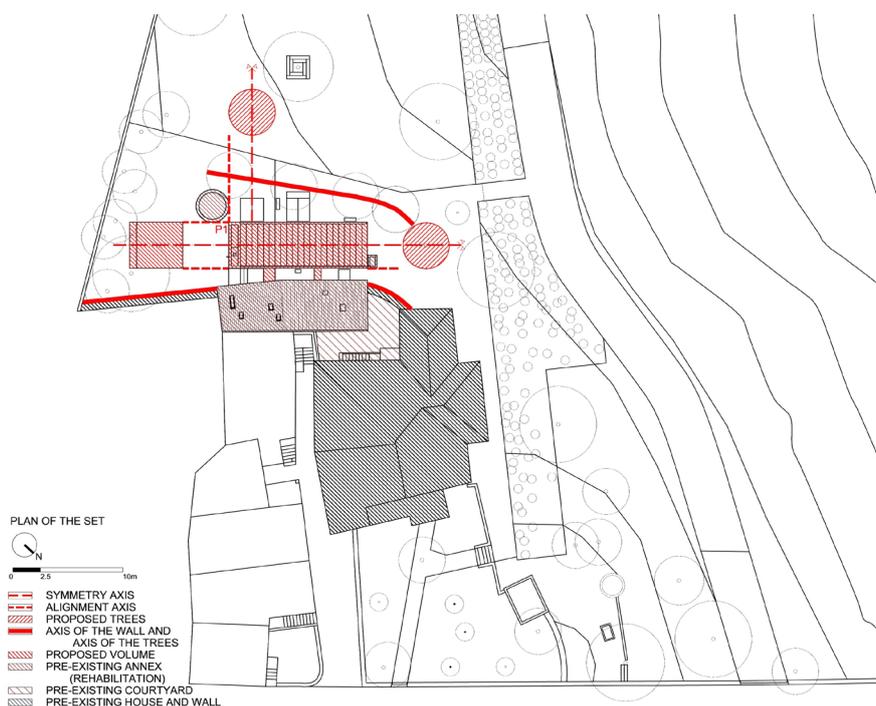


Figure 2 - Plan of the set. Regulating lines.

only attached with the material aspect, but also with the spatial issue, as section C1 (Figure 4) certifies. It is important to denote that, in addition to the use of metric, the use of the stable figure of the square (in singular or combined options) or the use of symmetries and alignments as vital tools of the composition, everything is modulated according to the dimension of 10,5 cm. This measure matches the width of the wood mould (constructive proportion), verifiable in the stereotomy of materials: wood and concrete. The visualization of the exterior environment and its referential elements, as well as the proposed volume and the interior issues, help to document the described process primarily recognized in the drawing's clarity.

Regarding the swimming pool, we can see from the sketches that the relationship established between the two interventions derives from the irregularity of the pre-existing wall (Figure 5). As the extension body of the house previously proposed, a new volume conceived as a support building of the pool is positioned in a strict relationship with the wall (creating an intimate passage from the garden to the orchard), releasing the pool platform for a more direct relationship with the natural surroundings. Two perpendicular axes outline, not only the limits of the proposal, but establish the orthogonality of the place. JMR's studies show that the composition starts with rigid symmetric relations, that during the process,

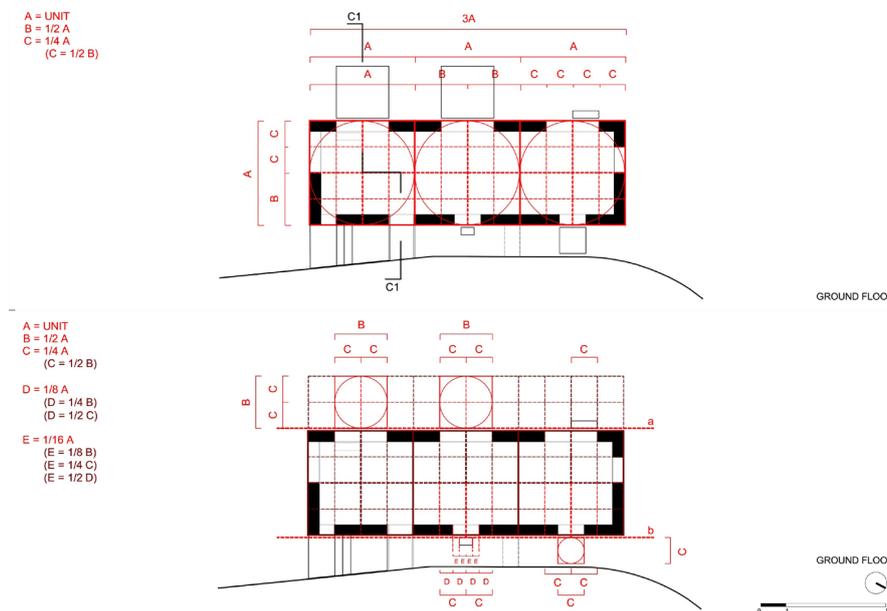


Figure 3 - Ground floor. Metric.

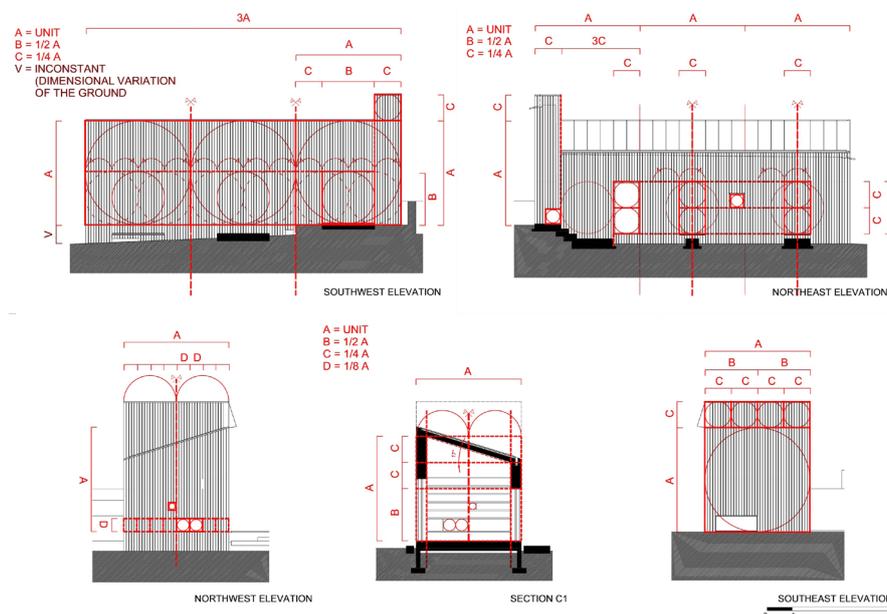


Figure 4 - Elevations and section. Metric, symmetries, relation between elements.

come to acquire greater flexibility. The pool decentralizes from the symmetry of the platform and volume (as the preliminary sketches reveal) to incorporate a more dynamic impulse, even if constructed within a precise metric.

The design of the platform and steps interacts with the stereotomy of materials, whose logic seems to approach a modular game of construction with blocks, using the 3D pieces of stone as modules. Rethinking modular structures developed by the architect himself, the solution for the volume shows a reinterpreted mathematical systematization¹¹. A double square relation draws the central piece of the platform, limiting not only the support volume but the pool itself (Figure 6). An extra margin in each side changes the orientation of modulation in a 90° rotation, setting the end of the whole set. This double square relation is transposed to internal relations, as the coverage of the volume or the stereotomy

module itself shows (Figure 7). The whole composition is inserted into a network of multiples and submultiples with the length of 75 cm, playing the stereotomy of the pavement a crucial role of guidance in this matter (Figure 8). All these relations are transposed to altimetry, where the transversal elevation gains (once more) a double square proportion and the longitudinal elevation duplicates it in a 4:1 ratio (Figure 9). The result shows how order, even if developed in a search for flexibility, contributes to a sense of continuity and integration promoting harmony, not only in the internal labor of the composition but also in the external relation with the surrounding context. The polished stainless steel facades of the volume, reflecting the surrounding natural environment, expose what seems to be an extra-systemic strategy (a semantic allusion of symmetry by reflection) aimed to extend proportional control to other settings.

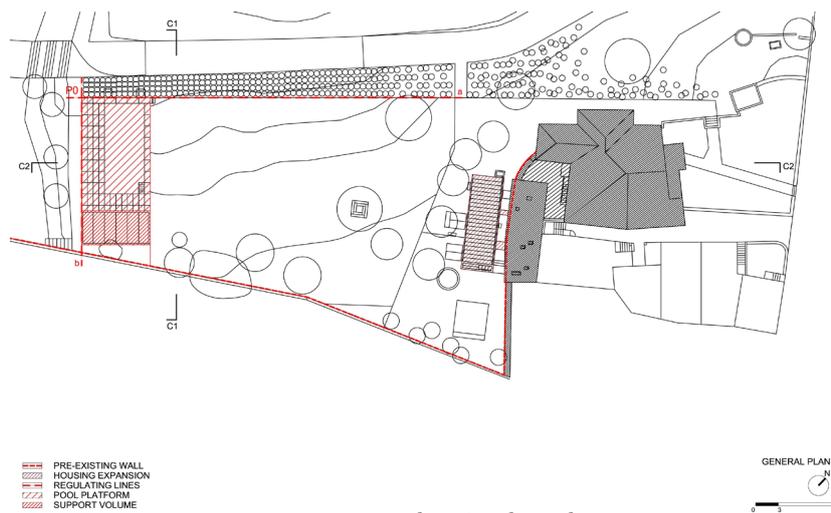


Figure 5 - Masterplan. Regulating lines.

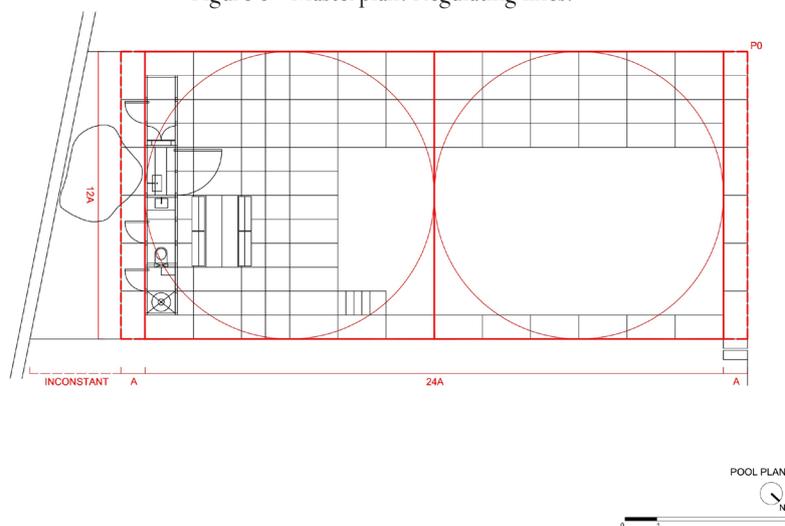


Figure 6 - Pool plan. Geometric base.

¹¹To understand this comparison, see the scenographic works by JMR such as: *As orações de Mansata* (2013), co-authored with Luísa Bebiano; *Entrada de Palhaços* (2000); *A list* (1997); *Propriedade Privada* (1996).

TEA HOUSE, MONTEMOR-O-VELHO (1997-2000)

The Tea House in Montemor-o-Velho may be regarded as an intervention developed in close relation with architectural heritage. Nested within the ruins of the Alcáçova's Palace, the proposal follows the

directrices of the site and its dominant direction. Two regulating lines outline the main structure of the castle: axis *a* establishes the direction of Paço das Infantas' ruins, conforming the existing and proposed settlement to the geography of the site and its dominant direction; and axis *b*, settling the church alignment. Two different pathways give access to the

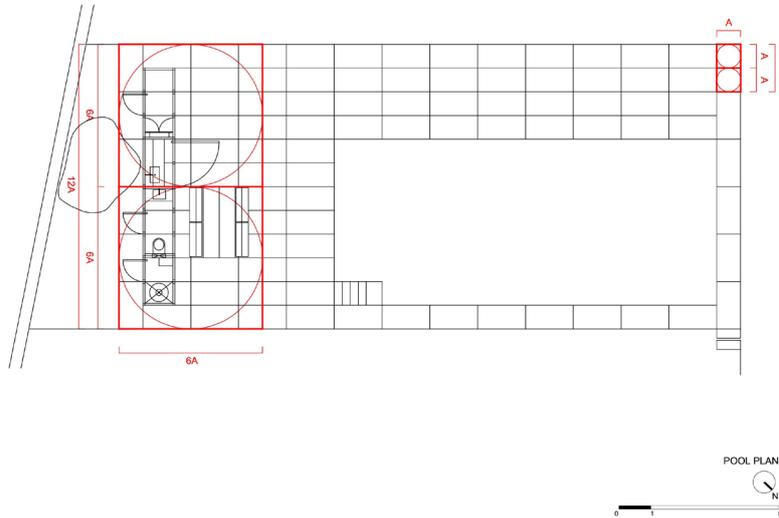


Figure 7 - Pool plan. Geometric resolutions.

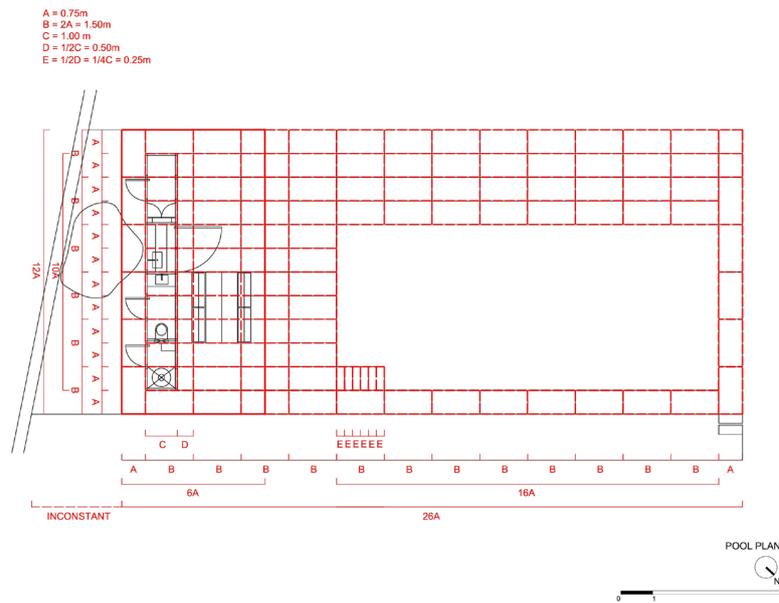


Figure 8 - Pool plan. Metric.

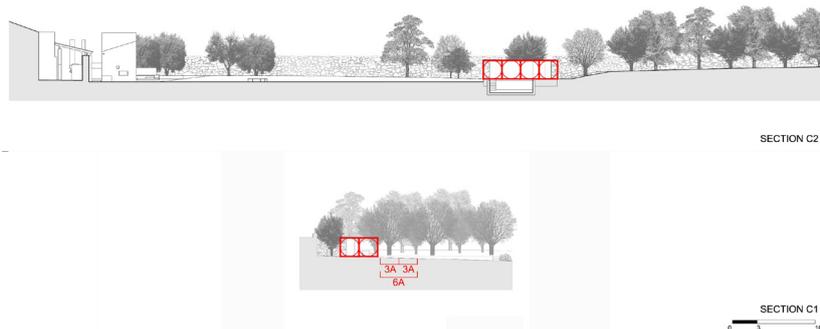


Figure 9 - Sections. Geometric base.

center of the enclosure, which are associated with the overall configuration of the castle (Figure 10). Two paths allow entering the tea house: one from the center of the castle, leading to the main entrance through the esplanade; and another, peripheral, allowing lateral access, deriving from the wall (Figure 11). In consideration for the symbology associated with the tea ritual, the project does not neglect the geographic specificity of the site. Facing west and benefiting from solar orientation, the proposal is drawn on an elevated platform. Despite being physically separated from the ruins with the interior space contained within a glass boundary, the set seeks a symbiosis with the preexistence, in a gesture close to the theoretical directives of Cesare Brandi ¹² [09].

Combining interior and esplanade, the proposed set is drawn as a product of two phases: an initial proportion in root-2 rectangle, later adjusted by the facade module and the stereotomy of the pavement itself. In a scenario where scenography invades the real space, the use of symmetries by reflection, the accuracy of alignments between elements and materials, or the choice for simple geometric figures, helps to find a sense of stability and precision, transferring the protagonism to the irregularity of the preexistence. In the space outside the glass volume, we can see a relation between the main step width and the depth of the esplanade space, defining the boundary between exterior and interior space (Figure 11). Here, inside the glass box, the virtual symmetry axis that connects the main door with the private entry of the kitchen (that is, the central module of the wooden volume that lodges the facilities), defines not only the mirror of the structure but also the division of the programmatic functions in this internal element: the lateral margins are predetermined to circulation

¹² Cesare Brandi (1906-1988), unavoidable name of the theory and practice of art works restoration, structurally restored the skills of this activity previously associated with the mere function of craftsman, without any theoretical-critical support. Thus, he developed the activity supported in experimental practice, where an idea of interdisciplinarity began to take shape through the articulation of three fundamental fields: scientific research, teaching and practice of restoration, raising the exercise of practice to the level of theory [09, p. ix-xviii]. Brandi's critical philosophy, which extends to different artistic disciplines, reveals the pre-existing artistic object in its material and immaterial components, being the material aspect the only one subject of intervention: a practice based on the mere essentiality of the intervention, with no intention of disturbing the aesthetic or historical data of the work. This reading deeply attentive to the contribution of different periods, opens the way for contemporary interventions in the field of architecture to assert themselves in line with the continuity of pre-existences, while contributing to the preservation of the most pressing values of the past, making a synthesis between historical times.

(Figure 12). In the plan drawing, the wooden volume of 3:1 ratio generates, with the main body, a 4:1 relation in which the symmetry of reflection exists but is simultaneously distorted in response to programmatic requirements. This 4:1 relation is extended to altimetry, as well as the 3:1 ratio of the internal volume. The tendency for the square as a structural figure in the composition, already perceived in the plan drawing, spreads to the elevation and sections drawings as well, outlining not only proportional relations but also recognizable elements (Figure 13).

A closer look to the constructive scheme also shows a transposition of the symmetric logic to the conformation of the internal space, where the geometric precision of the choices made is clear (Figure 14). The experience of the space conceived helps us to understand a little bit more about the clarity and precision of João Mendes Ribeiro's method, as well as his exercises between open spaces and minimal dimensions. Being clear the contemporary intervention in direct interaction with the preexisting heritage, prevailing fragments of history evoke the conceptual intervention of the theater's universe in an attempt to create a more unified whole, and reestablishing new meanings. For instance, a new staircase leads to one of the openings, today deprived of its initial function, but still capable of restoring part of its memory in an abstract gesture. In summary, all the regulating lines, along with a modulating work, the accuracy of simple geometries or certain subtle symmetries (all subject to interrelation in different stages of work), promote the systematization of an ordered composition which, by contrast, achieves an adequate symbiosis with the historical heritage, thus, securing it the leading role. As in the previous example, the centrality and precision in the alignments (elements, materials) compete for a certain cohesion that becomes apparent in an essential and unitary drawing.

CONCLUSIONS

The analyses presented of JMR's practice, reveal the necessity to revise the theory of proportion applied to contemporaneity. In order to perceive the totality of JMR's method, that is recurrently improved by his self-criticism, it is necessary to intersect different stages of its development to understand his pursuit for a proportional intent, for instance, in the

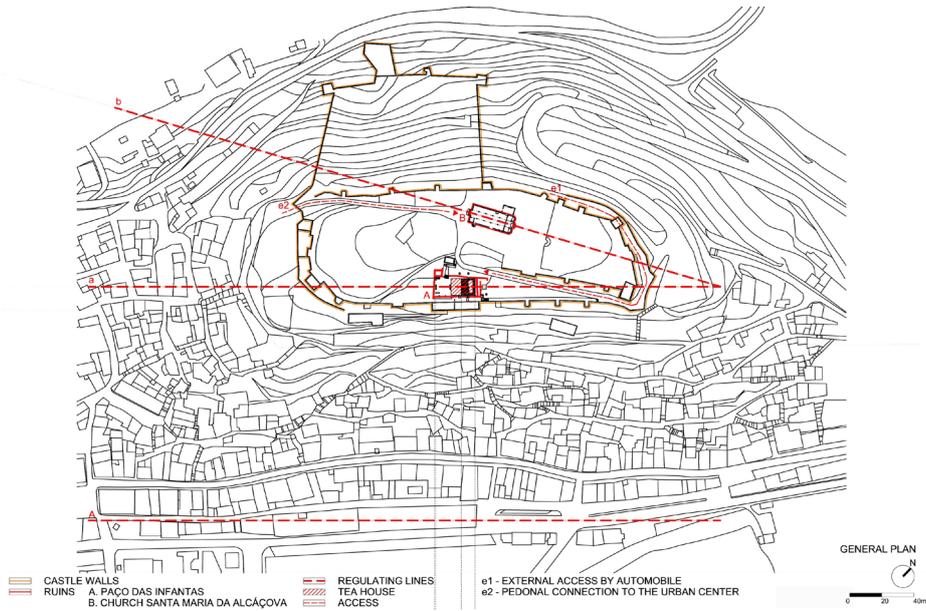


Figure 10 - Masterplan. Regulating lines.

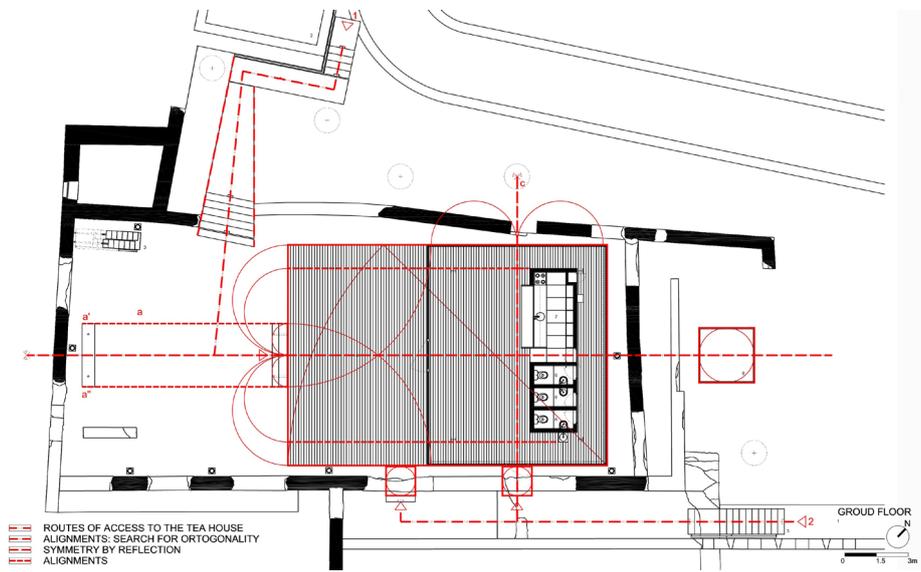


Figure 11 - Ground floor. Access, geometric base, symmetries, alignments.

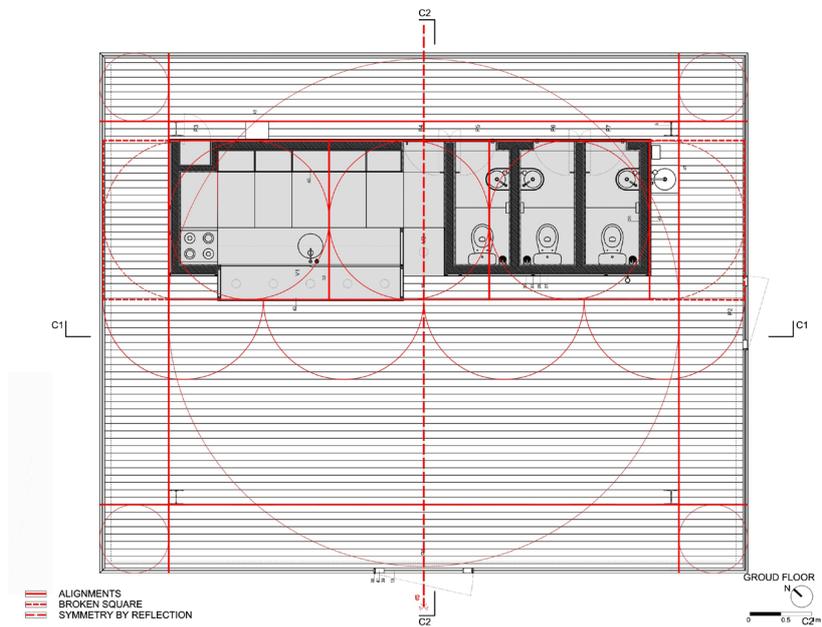


Figure 12 - Ground floor. Geometric base, symmetries, alignments.

territory and contextual environment (physical, historical, social); the scale of the buildings; the constructive work; and the relationship with the human body. All the regulating lines (of material or immaterial nature) seem to occur as connecting channels to establish precise links for the construction of an ordered design, an aspect that is particularly evident in the initial stages of the project. Simple geometric figures, starting from the most perfect of quadrilaterals, arise as reference for the construction of accurate definitions. Modular systems appear as stabilizing rules that gain a particular importance in questions

related to the constructive matter and stereotomy of materials. Alignments and symmetries (internal or external; full or partial) complete the search for a balanced design. The norms established in the work of JMR are imposed not as a limitation in itself but as a guiding tool leading to results that not only enhance procedural safety but also simplicity, economy of means and clarity of justification, intended to simplify communication channels between different agents of the project and construction. A *security matrix* ensures the *eternal return* to the resolution of problems, where the contingent occurrence of accidents tend

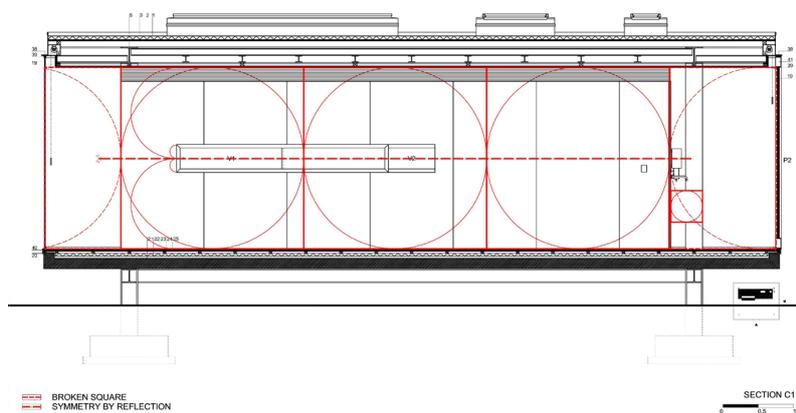


Figure 13 - Section C1. Geometric base, symmetry.

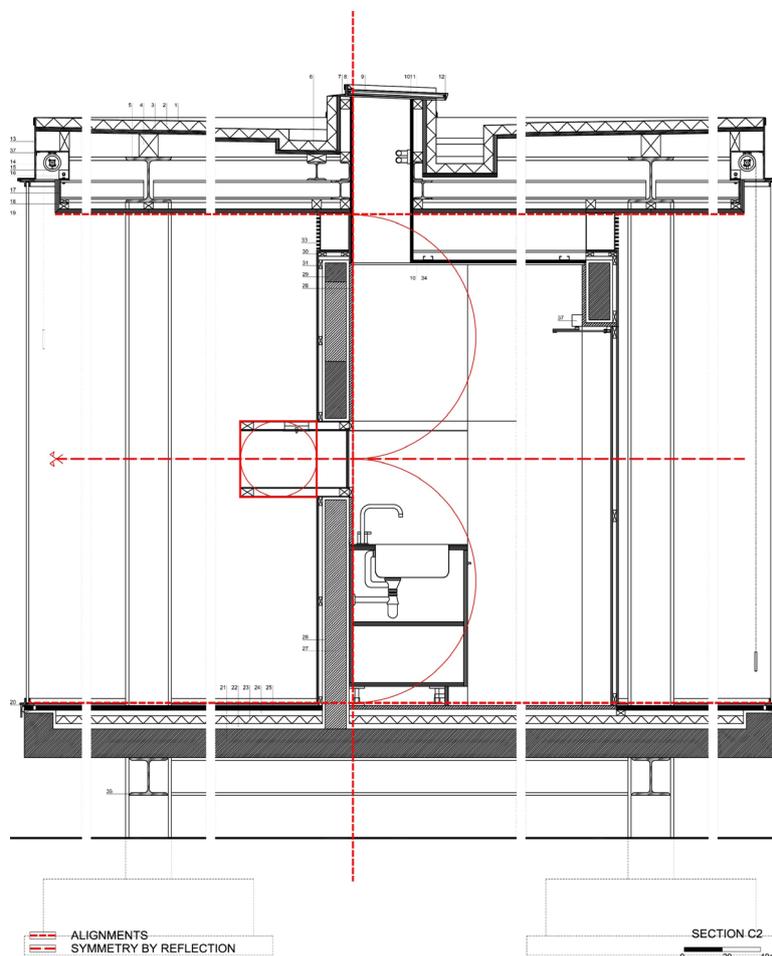


Figure 14 - Section C2. Symmetry, alignments.

to be considered as a fortunate event, due to the malleability they introduce into the system, towards a carefully conceived equilibrium of assumptions properly adapted to the contemporary context. The need for an implementation of an intellectual logic that justifies the choices made, to promote the construction of a coherent design, is the motto required in a discipline where the inevitable inventive strand leads the conceptual narrative.

If the word *invention*, in its etymological root, embraces both *freedom* (creation, discovery) and *confusion* (fakery, lie), *order* emerges as an inevitable key capable of restoring *truth* in this interplay between independent, yet relatable, meshes that promote the restitution of the real (because full), balance. In the current context where the complexity of contemporary life proliferates, proportion arises with renewed significance in a search for new harmonies.

Joana Maia and Vítor Murtinho

Figure 01: Credits: João Mendes Ribeiro's archive.

Figures 02 to 14: Base drawing credits: João Mendes Ribeiro's archive. Analysis by Joana Maia.

REFERENCES

- [01] Ribeiro, João Mendes (2003). *JMR 92.02 – João Mendes Ribeiro, Arquitectura e cenografia*. Coimbra: XM
- [02] Fernandes, Fátima & Cannatà, Michele (Coord.) (2003). *João Mendes Ribeiro, arquitecto: obras e projectos 1996-2003*. Porto: Asa Editores
- [03] Neves, José Manuel das (Ed.) (2016). *João Mendes Ribeiro / 2003-2016*. Lisboa: Uzina books
- [04] Dias, Manuel Graça (2004). Poética inquietação. In João Mendes, Ribeiro. *JMR 92.02 - João Mendes Ribeiro, Arquitectura e cenografia* (pp. 11-15). Coimbra: XM
- [05] Ribeiro, João Mendes (2008). *Arquitectura e espaço cénico: Um percurso biográfico*. [PhD Thesis, University of Coimbra (UC)], UC Online Repository. Retrieved from <https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/12133>
- [06] Ribeiro, João Mendes (2013, november 1). Personal interview by Joana Maia. [Unedited audio recording], Coimbra
- [07] Mateus, José & Ribeiro, João Mendes (2004, october). *Entrevista: João Mendes Ribeiro*. Vitruvius, 1-8. <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/05.020/3320>
- [08] Gil, Bruno, Silva, Carina & Pinto, Vera (2002). João Mendes Ribeiro: arquitectura & cenografia. *Revista NU*, 5, 8-15
- [09] Brandi, Cesare (2006). *Teoria do restauro*. Amadora: Edições Orion

