

Politécnico do Porto
Escola Superior de Media Artes e Design

Raquel Deolinda Neves Amorim

Uma reinterpretação da técnica de talha em madeira

Relatório de Projeto
Mestrado em Design
Orientação: Prof. Abel Tavares

Vila do Conde, novembro de 2025
Politécnico do Porto

Escola Superior de Media Artes e Design

Raquel Deolinda Neves Amorim

Uma reinterpretação da técnica de talha em madeira

Relatório de Projeto

Mestrado em Design

Orientação: Prof. Abel Tavares

Vila do Conde, novembro de 2025

Raquel Deolinda Neves Amorim

Uma reinterpretação da técnica de talha em madeira recorrendo ao uso de robótica

Relatório de Projeto

Mestrado em Design- Especialização em produto

Membros do Júri

Presidente de mesa

Prof. Doutor Pedro Sousa

Escola Superior Media Artes e Design – Instituto Politécnico do Porto

Orientador:

Prof. Doutor Abel Tavares

Escola Superior Media Artes e Design – Instituto Politécnico do Porto

Arguente:

Prof. Doutor José Morgado

Escola Superior de Artes aplicadas – Instituto Politécnico Castelo Branco

Vila do Conde, novembro de 2025

AGRADECIMENTOS

A realização deste Projeto de Mestrado e presente Relatório, foi possível graças ao contributo, direto ou indireto, de diversas pessoas e instituições, às quais expresso o meu reconhecimento.

Em primeiro lugar, desejo manifestar a minha gratidão ao meu orientador, Abel Tavares, pela orientação científica, rigor intelectual e constante disponibilidade ao longo de todo o processo de investigação, cuja dedicação, paciência e exigência crítica contribuíram de forma determinante para a concretização e qualidade deste trabalho. Estendo igualmente o meu agradecimento à instituição de ensino, Escola Superior Media Artes e Design do Instituto politécnico do Porto, pelo conhecimento transmitido e pela inspiração académica, que foram fundamentais no meu percurso.

Ao meu núcleo de pessoas próximas, que partilharam este percurso, agradeço a amizade, a troca de ideias e o apoio nos momentos de maior desafio. As conversas, os debates e até os momentos de descontração foram essenciais para manter o equilíbrio e a motivação ao longo deste caminho.

Aos profissionais e entidades externas que, de forma generosa, disponibilizaram tempo, materiais ou informações relevantes para o desenvolvimento desta investigação, deixo igualmente o meu reconhecimento. A sua colaboração foi de grande valor para enriquecer e fundamentar este estudo.

Um agradecimento muito especial à minha família, ao meu pai José e também artesão deste projeto, à minha mãe, aos meus avós, ao meu irmão, e ao Jaime, pilares que tem sido fundamentais nas etapas da minha vida. Aos meus pais, pela educação, exemplo e apoio incondicional, que sempre me transmitiram valores de dedicação, esforço e perseverança, e que apesar das poucas oportunidades académicas me mostraram o valor da educação. Aos restantes familiares, pelo incentivo constante e pela paciência nos momentos de ausência e dedicação a este trabalho.

Por fim, a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização desta tese, deixo o meu mais sentido agradecimento. Este trabalho é também resultado do vosso apoio, compreensão e confiança.

RESUMO ANALÍTICO

A talha em madeira é uma prática artesanal com raízes antigas, desenvolvida em diferentes civilizações como o Egito, a Grécia e Roma, onde a madeira era utilizada tanto para fins utilitários como decorativos. Embora nem sempre tão preservada quanto a pedra ou o metal, a madeira esculpida desempenhou um papel importante em objetos rituais, mobiliário e elementos arquitetónicos. Na Idade Média, a técnica ganhou grande relevância na Europa, em particular na produção de altares, retábulos e mobiliário religioso das igrejas góticas. Já no Renascimento, a talha foi elevada a novos patamares artísticos, acompanhando a valorização da forma humana e da ornamentação detalhada, com mestres como Donatello e outros artistas que aplicaram o esculpir em madeira de forma inovadora. Nos períodos Barroco e Rococó (séculos XVII e XVIII), a técnica alcançou o auge da ornamentação, marcada por composições exuberantes, movimento e riqueza de detalhes. Com a industrialização no século XIX, a prática perdeu espaço para os processos mecanizados de produção em série. Contudo, a partir da segunda metade do século XX e início do XXI, assistiu-se a um renascimento do interesse pela talha, agora reinterpretada por artesãos, designers e artistas contemporâneos que passaram a integrar novas tecnologias – desde ferramentas elétricas até sistemas de corte a laser e fresagem CNC.

Atualmente, a talha em madeira encontra aplicações no design de mobiliário, arquitetura de interiores, arte sacra e, sobretudo, em projetos de restauro do património histórico. A técnica, pela sua natureza manual e singular, permite personalização e expressividade artística, funcionando também como uma alternativa mais sustentável à produção industrial massificada.

No contexto contemporâneo, surge a possibilidade de explorar a hibridização entre a prática artesanal e a tecnologia digital e robótica. O recurso a modelação 3D, softwares paramétricos e sistemas robóticos de fresagem expande as formas possíveis de manipular a madeira, permitindo criar peças que combinam a precisão tecnológica com a riqueza estética da tradição manual.

Palavras-chave: Design; Talha em madeira; Design; Reinterpretação; Robótica; Produção híbrida.

ABSTRACT

Wood Carving is a traditional craft with ancient roots, developed across different civilizations such as Egypt, Greece, and Rome, where wood was used for both utilitarian and decorative purposes. Although not always as well-preserved as stone or metal, carved wood played a significant role in ritual objects, furniture, and architectural elements.

During the Middle Ages, the technique gained significant prominence in Europe, particularly in the production of altars, retables, and religious furniture in Gothic churches. In the Renaissance, wood carving was elevated to new artistic heights, reflecting the era's emphasis on the human form and intricate ornamentation, with experts such as Donatello and other artists innovatively applying carving techniques in wood. In the Baroque and Rococo periods (17th and 18th centuries), the technique reached the peak of ornamentation, characterized by exuberant compositions, movement, and rich detailing.

With the industrialization of the 19th century, the practice lost ground to mechanized mass-production processes. However, from the mid-20th century and into the 21st century, there has been a resurgence of interest in wood carving, now reinterpreted by contemporary artisans, designers, and artists who integrate modern technologies – from electric tools to laser cutting and CNC milling systems. Today, wood carving finds applications in furniture design, interior architecture, sacred art, and especially in heritage restoration projects. The technique, due to its manual and unique nature, allows for personalization and artistic expression, also serving as a more sustainable alternative to mass industrial production. In the contemporary context, there is an opportunity to explore the hybridization of traditional craftsmanship with digital and robotic technology. The use of 3D modeling, parametric design software, and robotic milling systems expands the possibilities for manipulating wood, enabling the creation of pieces that combine technological precision with the aesthetic richness of manual tradition.

Keywords: Wood Carving; Design; Reinterpretation; Robotics; Hybrid Production.

SUMÁRIO

Agradecimentos	i.
Resumo Analítico	ii.
Abstract	iii.
Sumário	v.
Lista de figuras	vi.
0. Introdução	1.
0.1 Enquadramento	5.
0.2 Motivação	9.
0.3 Objetivos	10.
0.4 Metodologia	11.
0.5 Estrutura do relatório	12.
1. Talha	14.
1.1 Definições conceituais	14.
1.2 Gramáticas ornamentais da talha	16.
1.3 As linhas e formas base da talha	22.
1.4 Ferramentas	25.
2. Robótica	29.
2.1 O que é a robótica e como se aplica	29.
2.2 Como é aplicada a robótica e quais as suas ferramentas	30.
2.3 Projetos de referência na área da robótica	33.
2.4 Visita ao laboratório da Universidade do Minho	37.
3. Ideação	40.
3.1 Esboços	40.
3.2 Transformação através de inteligência artificial	41.
3.3 Design final da zona do painel a ser trabalhada	43.
4. Design Brief	45.
4.1 Produção Híbrida	45.
5. Definição	49.
5.1 Desenhos técnicos	49.
5.2 Protótipo Final	50.
5.3 Execução do protótipo	52.
5.4 A simbiose entre o trabalho manual e o trabalho robótico.....	59.
Reflexões futuras	65.
Considerações finais	66.
Referências Bibliográficas	67.
Anexos	74.

Lista de tabelas/ilustrações/siglas

Figura 1: Baixo-relevo egípcio clássico;

Figura 2: Mobiliário arquitetônico grego antigo;

Figura 3: Talha medieval em madeira (decoração religiosa);

Figura 4: Talha barroca dourada;

Figura 5: Anjos e Querubins – Símbolos de proteção espiritual;

Figura 6: Palmas, louros e flores de acanto – Associados à vitória divina e à pureza;

Figura 7 (duplicada): Elementos Cristológicos – Cruzes, cálices, coroas de espinhos, corações flamejantes (Sagrado Coração de Jesus);

Figura 8: Animais Simbólicos – O cordeiro (sacrifício), o pelicano (amor divino);

Figura 9: Folhas de acanto – Representa a resiliência e a imortalidade;

Figura 10: Rosas e Lírios – Simbolizam pureza, beleza e espiritualidade;

Figura 11: Videiras e Uvas – Associadas à eucaristia e à fertilidade;

Figura 12: Arcos ou coroas de flores – Utilizadas para simbolizar triunfo e celebração;

Figura 13: Rosetas – Elementos circulares que representam o sol ou a perfeição divina;

Figura 14: Grecas e Arabescos – Padrões contínuos que trazem dinamismo e fluidez ao design;

Figura 15: Hastes e Losangos – Usados para criar ritmo visual;

Figura 16 (duplicada): Seres Alados – Grifos, dragões e harpias, que simbolizam força e proteção;

Figura 17: Máscaras e Cartelas – Usadas para enfatizar expressões artísticas;

Figura 18: Cenas Mitológicas – Usadas para destacar histórias e lendas;

Figura 19: Escudos e Armas – Identificar famílias nobres ou instituições religiosas;

Figura 20: Insígnias e monogramas – Usadas em portas e móveis de prestígio;

Figura 21: Geometrias modulares – Como losangos e círculos;

Figura 22: Linhas em “S” e “C”;

Figura 23: Linhas paralelas e simétricas;

Figura 24: Linhas curvas suaves – Como volutas e espirais;

Figura 25: Faca de entalhar;

Figura 26: Goiva em U;

Figura 27: Goiva em V;

Figura 28: Cinzéis retos;

Figura 29: Talhadeira;

Figura 30: Fresa de topo e fresa cónica;

Figura 31: Fresa de faceamento;

Figura 32: BUGA Fibre Pavilion (ICD/ITKE, Universidade de Stuttgart, 2019);

Figura 33: Clay Rotunda / Gramazio Kohler Research;

Figura 34: Digital Grotesque II / Computational Architecture;

Figura 35: The Programmed Column, ETH Zurich, 2009;

Figura 36: Registo pessoal – Acabamentos da fresa;

Figura 37: Registo pessoal – Braço robótico Kuka;

Figura 38: Registo pessoal – Fresa do braço Kuka;

Figura 39: Registo pessoal – Visita ao laboratório e insights sobre robótica;

Figura 40: Registo pessoal – Braço robótico para trabalho de pequena escala;

Figura 41: Esboço que deu origem ao render em IA;

Figura 42: Zona do painel a ser trabalhada;

Figura 43: Render gerado através do esboço e prompt para representar o painel a ser desenvolvido;

Figura 44: Zoneamento do painel para fresagem (secção representativa);

Figura 45: Desenho técnico à escala 1:2;

Figura 46: Protótipo final;

Figura 47: Protótipo final;

Figura 48: Protótipo final;

Figura 49: Registo pessoal – Teste em CNC em placa;

Figura 50: Registo pessoal – Marcação na base de madeira com CNC;

Figura 51: Registo pessoal – Trabalho do artesão;

Figura 52: Registo pessoal – Trabalho do artesão;

Figura 53: Registo pessoal – O entalhe;

Figura 54: Registo pessoal – O entalhe;

Figura 55: Registo pessoal – Peça antes do acabamento;

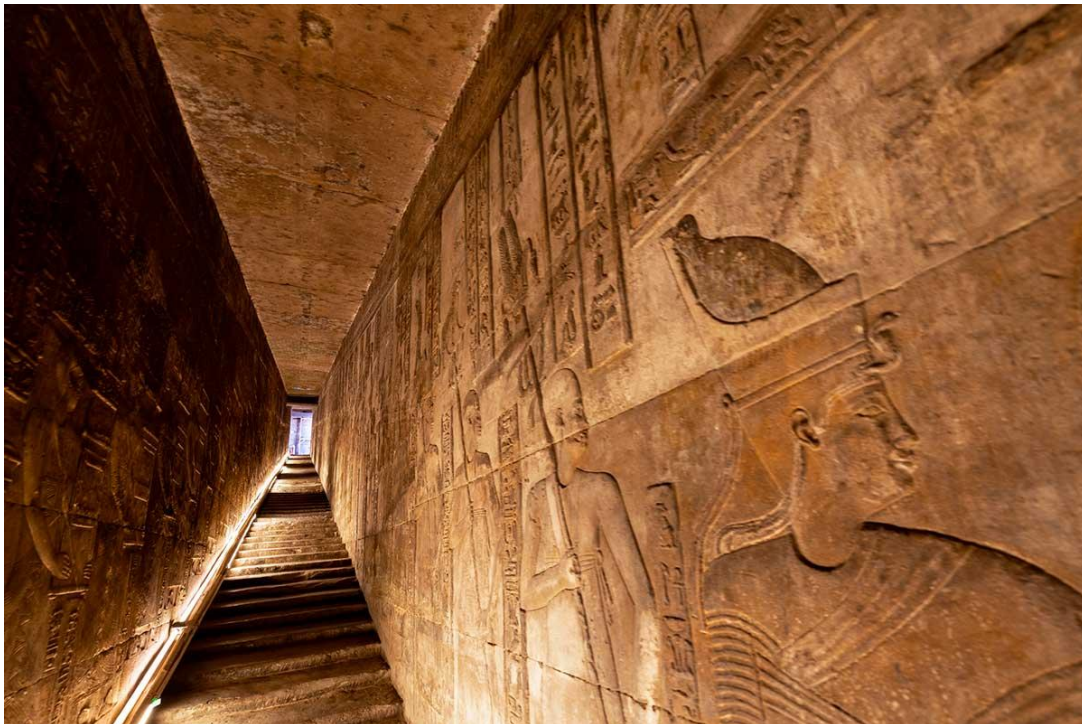
Figura 56: Registo pessoal – O encerar da peça;

Figura 57: Registo pessoal – Peça final;

0 - Introdução

A palavra “talha” tem a sua origem no termo latino tale-a, que significa “estaca” ou “peça de madeira”. O verbo em português “talhar” deriva deste termo e significa esculpir ou cortar madeira para lhe dar uma forma específica (eu, s.d.; Priberam, s.d.). Com o tempo, “talha” passou a referir-se especificamente à técnica de esculpir madeira para criar relevos e formas decorativas. Já a palavra “entalhe” também se refere ao ato de esculpir madeira, e tem a sua proveniência do verbo “entalhar”, que significa produzir cortes ou incisões numa determinada superfície. A etimologia de “entalhe” está relacionada à palavra “talho”, que se refere a um corte ou incisão profunda (Infopédia, s.d.; Michaelis, s.d.; Priberam, s.d.).

A técnica de talha em madeira é uma das formas mais antigas e mais valorizadas de arte manual. A sua origem remonta à Antiguidade, especificamente ao Egito Antigo (c. III milénio a.C.), onde há evidências de talha em baixos-relevos e objetos decorativos, incluindo painéis de madeira com hieróglifos e figuras datados da III Dinastia (Wikipedia, 2025). Nesta época, os artesãos esculpiam relevos intrincados em móveis e objetos decorativos, como evidenciado em exemplos de baixo-relevo egípcio clássico da figura 1, refletindo tanto a funcionalidade quanto a estética.



Figural: Baixo-relevo egípcio clássico

Na Grécia Antiga (aproximadamente do século XIV ao IX a.C., período geométrico, com posterior desenvolvimento nas fases arcaica, clássica e helenística), a talha de madeira era utilizada sobretudo em mobiliário arquitetónico tal como na figura 2, e possivelmente em esculturas que não sobreviveram até hoje, embora fontes literárias atestem a sua utilização (Direct Carving, 2025; Encyclopedia Britânica, 2025). Já na Roma Antiga (c. século VIII a.C. até ao século V d.C.), a técnica era aplicada em mobiliário, utensílios e ornamentos, conforme descrito por autores como Vitruvius e Plínio, embora poucos exemplos originais tenham sobrevivido até aos dias de hoje (Wikipedia, 2025).



Figura2: Placa de mobiliário esculpida em relevo de uma figura feminina alada

Durante a Idade Média, especialmente na Europa, a arte da talha em madeira atingiu grande destaque, sendo utilizada sobretudo na decoração de igrejas, como altares, púlpitos e painéis narrativos, particularmente notável em regiões como a Alemanha (Wikipedia, 2025; Stryi Carving Tools, 2025). A talha em madeira também se destacou na criação de mobiliário, portas e painéis decorativos em igrejas e catedrais. As guildas medievais desenvolveram técnicas sofisticadas e estilos distintos que variavam de região para região. As igrejas góticas são um exemplo notável, com a talha aplicada em altares,

púlpitos e coroas de santos, adicionando grandeza e espiritualidade aos espaços religiosos.

O Renascimento marcou um período de inovação e excelência na talha, com artesãos e artistas como Michelangelo e Donatello, elevando a técnica a novos patamares através da sua integração em esculturas e obras de arte. Durante este período, a talha em madeira deixou de estar restrita apenas a temas religiosos e passou a ser utilizada também na decoração de palácios e residências nobres, refletindo o gosto refinado da época (Ferreira, 2021).

Nos séculos XVII e XVIII, os estilos Barroco e Rococó permitiram à técnica uma abordagem mais exuberante e ornamentada, utilizada para criar peças extremamente detalhadas e decorativas, caracterizadas por curvas elaboradas e motivos florais. O mobiliário e a arquitetura dessa época apresentavam frequentemente elementos de talha em madeira, que ostentavam riqueza (Sousa & Santos, 2022). Com a chegada da industrialização no século XIX, a prática da talha começou a declinar devido à introdução de métodos de produção em massa. No entanto, no final do século XX e início do século XXI, houve um renascimento do interesse por técnicas artesanais e tradicionais. A partir desse momento designers e artesãos contemporâneos começaram a reinterpretar a talha em madeira, integrando-a em contextos modernos e utilizando novas tecnologias, como ferramentas elétricas e corte a laser, para criar peças únicas e inovadoras (ArchDaily,2023).

A talha em madeira conheceu o seu auge com os estilos Barroco e Rococó, sobretudo através da talha dourada, como o da Igreja de São Roque em Lisboa (figura3), que marcou de forma profunda a arte sacra e decorativa nacional. Neste período, altares, retábulos, púlpitos, mobiliário e até revestimentos arquitetónicos foram enriquecidos por uma talha exuberante, caracterizada por curvas dinâmicas, ornamentos florais e um sentido de teatralidade que visava criar ambientes visuais de grande impacto, reforçando a espiritualidade e o esplendor religioso (Serrão, 2003; Pereira, 1998). Com a chegada da industrialização no século XIX, a prática da talha entrou em declínio. A introdução de novos métodos de produção em massa, bem como a crescente preferência por estilos mais sóbrios e simplificados, fez com que a talha perdesse protagonismo enquanto arte decorativa. Este declínio, que se prolongou até grande

parte do século XX, representou quase dois séculos em que a técnica deixou de ocupar o centro da produção artística. Ainda assim, em Portugal, subsistiram oficinas artesanais, sobretudo no Norte do país, que mantiveram viva a tradição da talha aplicada a contextos religiosos, mesmo que já sem o destaque e a valorização social de outrora (Rodrigues, 2011; Santos, 2016).

No final do século XX e início do século XXI, assistiu-se a um renascimento do interesse por técnicas artesanais e tradicionais, num movimento de valorização do património cultural e de recuperação de práticas artísticas manuais. Em paralelo com os esforços de restauro da talha dourada histórica, designers e artesãos contemporâneos começaram a reinterpretar esta técnica, integrando-a em contextos modernos. Atualmente, é possível encontrar experiências que associam a talha a novas tecnologias, como o uso de ferramentas elétricas ou o corte a laser, resultando em peças que combinam tradição e inovação, evidenciando o potencial da técnica para se reinventar no século XXI (ArchDaily, 2023).



Figura 3: Interior da Igreja de São Roque, Lisboa

0.1 Enquadramento

0.1.1 A origem da Talha/Entalhe em madeira

A talha em madeira é uma das expressões artísticas mais antigas da humanidade e, ao mesmo tempo, uma das mais resilientes. Ao longo dos séculos, assumiu diferentes significados e funções, oscilando entre a ornamentação do quotidiano e a exaltação do sagrado. As primeiras evidências remontam à Antiguidade, quando no Egito relevos decoravam móveis e objetos cerimoniais (Wilkinson, 2003). Também na Grécia e em Roma, a talha foi utilizada para embelezar templos, utensílios e peças de mobiliário, refletindo a capacidade humana de transformar a matéria em narrativa, espiritualidade e beleza (Boardman, 1994). Durante a Idade Média e o Renascimento, a técnica consolidou-se na Europa, sendo aplicada em contextos religiosos e seculares, assumindo um papel central na valorização estética e simbólica dos espaços (Camille, 1996; Ferreira, 2021).

Em Portugal, esta tradição atingiu o seu auge nos séculos XVII e XVIII, sobretudo através da talha dourada associada aos estilos Barroco e Rococó. Altares, retábulos e elementos arquitetónicos tornaram-se símbolos de uma estética marcada pela exuberância, pelo dinamismo e pela teatralidade, que procurava tanto impressionar o olhar como elevar o espírito (Serrão, 2003; Pereira, 1998). Contudo, com a industrialização e o advento da produção em série, a prática perdeu protagonismo, sobrevivendo sobretudo em oficinas artesanais ligadas ao universo religioso e, em grande medida, afastada dos centros de inovação artística (Rodrigues, 2011; Santos, 2016).

Nas últimas décadas, porém, a talha voltou a despertar interesse, fruto de um movimento mais amplo de valorização do património cultural e das práticas artesanais. O restauro e a preservação do património histórico contribuíram para a sua revalorização, enquanto designers e artesãos contemporâneos começaram a reinterpretar esta técnica, aplicando-a em novos contextos e linguagens. Hoje, não se trata apenas de olhar para a talha como herança, mas também como uma linguagem viva, capaz de dialogar com ferramentas digitais, corte a laser e até processos robotizados (ArchDaily, 2023; Lau & Millette, 2018).

Este cruzamento entre tradição e inovação levanta questões centrais: i) como preservar o valor imaterial do saber-fazer artesanal, entendido como património cultural intangível, sem negar as potencialidades oferecidas pela tecnologia contemporânea? ii) Como reinterpretar a talha de forma funcional e significativa no contexto atual, evitando a sua mera musealização? É precisamente neste espaço de tensão entre a memória e a reinterpretação que se situa o presente projeto de mestrado.

0.1.2 Áreas de aplicação da técnica na atualidade

Em termos de aplicações contemporâneas, a talha em madeira é constantemente utilizada na arquitetura, tanto em projetos de restauro de edifícios históricos, quanto em novas construções, através de ornamentos como molduras, frisos e painéis decorativos que são esculpidos para adicionar elegância e história aos interiores. Em edifícios históricos, a talha é essencial para manter a autenticidade e integridade arquitetónica. No design de mobiliário, a técnica permanece como uma técnica bastante apreciada, moveis como cadeiras, mesas e armários são com frequência, adornados com detalhes talhados, que acrescentam valor estético e artesanal. A talha permite uma personalização de peças, tornando cada móvel singular, em que o artesão consegue refletir a sua criatividade e habilidade. Ao nível da Arte Sacra, a relação com a talha é histórica e bastante forte, igrejas e catedrais de forma frequente recorrem a esta técnica para adornar os seus altares, púlpitos e estátuas religiosas. A técnica artesanal de talha em madeira, permite a criação de detalhes ricos e expressivos, fundamentais no contexto religioso, e devido a essas características artistas contemporâneos exploram a talha em esculturas e instalações artísticas, nesse sentido os resultados do uso da técnica variam, desde pequenas peças decorativas até grandes esculturas públicas (Gulbenkian,2024)

A Talha em madeira, enquanto forma de escultura que envolve o uso de ferramentas manuais como formões, goivas e serras, tem propósitos variados e abrangem diferentes áreas da vida e cultura humanas. Um dos seus principais propósitos está relacionada com a preservação do património cultural e histórico, já que através da talha histórias e tradições são transmitidas de geração em geração, garantindo que a herança cultural seja preservada. A expressão artística, é outro dos seus propósitos mais importantes, já

que, oferece um meio rico para a expressão individual, através da exploração de formas, texturas e detalhes minuciosos.

Para além disso, a técnica permite a valorização do trabalho manual e artesanal, destacando a habilidade e dedicação dos artesãos, o que é de grande relevância no contexto atual dominado pela produção em massa. Esta representa uma ligação com o trabalho manual e a singularidade de cada peça, ou artefacto que possa resultar do uso desta técnica, esta singularidade por sua vez acrescenta valor estético e de certa forma emocional a estas criações (Fortuna,2019). A técnica é também um meio de promoção e ação do campo da sustentabilidade, ao fazer uso de madeiras provenientes de fontes sustentáveis e ao valorizar os métodos de produção artesanais. A talha é uma alternativa ecológica face às práticas de produção industrial, e uma das suas maiores vantagens é a durabilidade das peças, o que reduz a necessidade de reposição constante (Cerdeira, 2023).

0.1.3Tecnologias Aplicáveis

A talha tem vindo a ser transformada, por várias tecnologias progressistas. Essas inovações permitem melhorar a eficiência e a precisão dos artesãos, assim como permitem a expansão das possibilidades criativas e sustentáveis da técnica. A introdução de ferramentas digitais e máquinas CNC (controladas numericamente), para controlar as ferramentas de corte permitem a criação de designs digitais complexos, outras ferramentas como a impressão 3D e modelação assistida por computador (CAD) são tecnologias que cada vez mais servem como um auxílio que permitem a produção de modelos utilizados para planear cortes precisos e minimizar o desperdício de material, assim como a criação de moldes e protótipos rápidos facilitando o processo de design e de desenvolvimento. Como se observa na Figura 4, apresenta-se uma escultura em

madeira produzida por CNC, representando a integração entre design digital e fabrico tradicional.

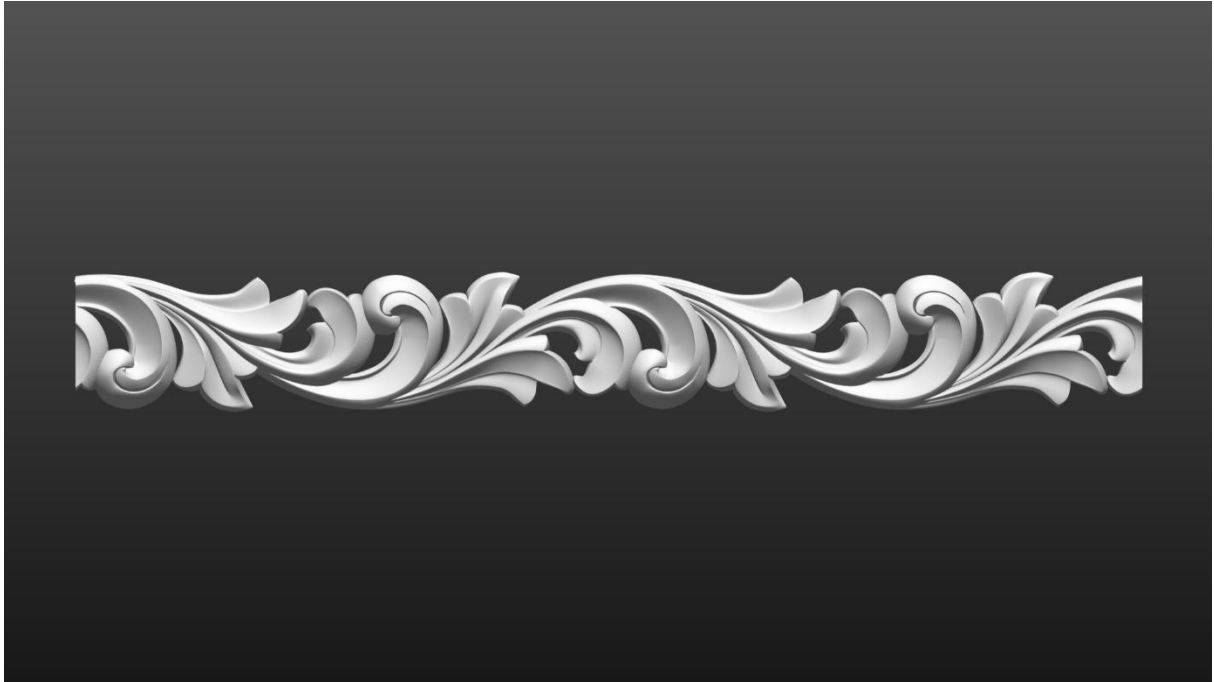


Figura4: Escultura em madeira CNC, ficheiro CAD

Uma outra tecnologia que tem sido utilizada, é a modificação térmica, que consiste num processo que envolve a exposição de madeira a altas temperaturas para alterar as suas propriedades físicas e químicas. Este processo pode aumentar a durabilidade e resistência à humidade das madeiras, tornando-a mais adequada para uso em ambientes variados. Além disso, tratamentos de superfície, como a aplicação de vernizes e seladores, podem proteger a madeira contra danos e prolongar a sua vida útil (ArchDaily, 2023). Mais recentemente, estão a começar a ser aplicadas tecnologias da área da robótica (Brugnaro, 2020.) e da Inteligência Artificial, para realizar cortes e detalhes com precisão milimétrica e de modo a analisar designs e receber sugestões de melhorias, respetivamente. Estas tecnologias aumentam a eficiência do trabalho, mas sobretudo permitem que os artesãos se possam concentrar em aspetos mais criativos e artísticos do seu trabalho. Devido à preocupação crescente com o meio ambiente, têm sido desenvolvidas tecnologias sustentáveis, assim sendo todas as inovações abordadas, permitem aos artesãos a criação de peças mais complexas e duráveis, e que promovem

práticas ecológicas, a talha em madeira tem se adaptado aos desafios e preservado simultaneamente a sua tradição.

0.2 Motivação

A escolha do presente tema de projeto e investigação surge da necessidade de refletir sobre o papel do design na preservação, transformação e o novo significado das técnicas artesanais no contexto contemporâneo. Vivemos num período marcado pela aceleração dos processos produtivos, pela massificação e pela obsolescência dos objetos, em que o gesto da mão, o detalhe e a memória cultural tendem a ser afastados para segundo plano. Neste cenário, considera-se fundamental compreender como o design pode atuar como mediador entre tradição e inovação, promovendo um diálogo que assegure a continuidade de práticas culturais sem as cristalizar ou descontextualizar.

A técnica artesanal da talha foi selecionada como foco central desta investigação por constituir simultaneamente um património histórico, artístico e cultural de grande relevância, mas também um campo vulnerável ao desaparecimento. Ao longo da história, a Talha assumiu um papel significativo enquanto expressão simbólica, acompanhando transformações sociais, políticas e religiosas, e consolidando-se como testemunho da necessidade humana de imprimir significado nos objetos e nos espaços. A riqueza da sua linguagem visual e a complexidade dos seus processos de execução revelam um saber-fazer que ultrapassa a dimensão ornamental, comunicando identidades e valores coletivos. Contudo, a sua prática enfrenta atualmente desafios relacionados com a sustentabilidade, a transmissão de conhecimento e a adaptação a novas realidades de produção e uso.

Para além da sua relevância cultural e histórica, a escolha desta técnica é também motivada por uma dimensão pessoal. O contacto direto com a Talha, começou de forma precoce, rodeada por objetos que incorporavam esta linguagem e pela experiência de a observar ser trabalhada no dia a dia pelo meu pai. Esta proximidade permitiu-me compreender, desde cedo, não apenas a exigência e a minúcia do processo, mas também o seu valor enquanto herança material e imaterial. Assim, a seleção deste tema não se deve apenas ao seu potencial académico e disciplinar, mas também à relação

afetiva e identitária que estabeleci com a técnica, o que confere a esta investigação um carácter de compromisso com a sua preservação e reinvenção.

A motivação desta tese reside, portanto, na vontade de explorar como o design pode intervir nesse contexto, promovendo uma reinterpretação da Talha através de ferramentas e processos tecnológicos contemporâneos. O recurso à robótica e à fabricação digital não é entendido como uma ruptura, mas como uma oportunidade de continuidade e renovação. Mais do que simplificar ou substituir a técnica manual, procura-se investigar de que forma a tecnologia pode atuar como mediadora, possibilitando novas leituras formais e funcionais e abrindo caminhos para a sua integração em objetos relevantes para o quotidiano contemporâneo.

0.3Objetivos

A presente investigação tem como propósito compreender a técnica artesanal da talha, analisando-a não apenas enquanto expressão cultural e histórica, mas também como prático material que pode ser reinterpretada no contexto contemporâneo do design. Pretende-se articular o conhecimento tradicional com novas abordagens criativas e tecnológicas, explorando o potencial da talha para além do seu campo de aplicação tradicional.

-Investigar e estudar a origem/história da técnica artesanal de talha, a sua evolução ao longo do tempo e os motivos do seu declínio.

-Desenvolver uma reinterpretação da técnica artesanal de talha.

-Investigar os tipos de aplicações e produtos que se surgem do uso da técnica.

-Estudar e compreender o processo de produção artesanal de talha.

-Desenvolver e materializar um produto/artefacto ou objeto em que a técnica possa ser aplicada- contexto académico.

-Colaborar com um artesão que permita a materialização do produto e contribua para a investigação.

Assim, os objetivos definidos passam por investigar a origem e evolução histórica da técnica, bem como os fatores que contribuíram para o seu declínio; compreender o processo artesanal e os produtos resultantes da sua aplicação; explorar possibilidades de reinterpretação da técnica em contextos atuais; e, finalmente, desenvolver e materializar um objeto académico que reflita essa reinterpretação, em colaboração com um artesão. Em síntese, busca-se aliar investigação, prática e experimentação de modo a preservar e simultaneamente atualizar a relevância da talha.

0.4 Metodologia

De modo a atingir os objetivos apontados no início do projeto, foi essencial definir uma metodologia, neste caso foi utilizada uma pesquisa qualitativa assim como uma pesquisa bibliográfica, que teve como foco compreender as origens da talha, as suas aplicações, e sobretudo compreender o que a talha de facto é.

Durante esta pesquisa, foi feita uma revisão literária, na qual foi visível uma constante referência à escultura de talha e à talha, não sendo sempre claro se seriam nomenclaturas diferentes para a mesma coisa. Assim sendo, foi necessário distinguir ambas, compreender as suas diferenças conceituais e definir qual delas seria utilizada, o que ajudou a definir o percurso do projeto, e concluir também que tipo de produção o objeto que daqui resultasse viria a ter, através de uma pesquisa mais exploratória que ao nível da tecnologia robótica quer ao nível da técnica artesanal de talha.

Para além da investigação teórica, foi igualmente adquirido insights da vertente experimental. Esta fase consistiu em tentativas de prototipagem através do uso de ferramentas robóticas, e uma pesquisa que pretendeu explorar de que forma a tecnologia pode reinterpretar a técnica artesanal da talha e gerar novas possibilidades de expressão formal. Estas experiências, ainda que exploratórias e com constrangimentos técnicos, permitiram avaliar a viabilidade da integração entre saberes artesanais e recursos tecnológicos, fornecendo contributos práticos para a materialização do objeto académico proposto.

0.5 Estrutura do relatório

O presente relatório foi estruturado de forma a acompanhar, de modo progressivo e coerente, o caminho percorrido durante a investigação e o desenvolvimento do projeto. A organização do documento procura refletir a lógica de um processo de design que articula tradição e tecnologia, desde a análise teórica inicial até à definição da proposta final, passando pela experimentação e reflexão crítica.

O documento abre com os elementos pré-textuais, que assumem um papel introdutório essencial. Nos Agradecimentos é registada a gratidão às pessoas e instituições que, de diferentes formas, contribuíram para a realização desta investigação. Seguem-se o Resumo Analítico e as Palavras-chave, que apresentam uma visão sintética do estudo, destacando o problema de investigação, os objetivos, a metodologia adotada e os resultados mais relevantes. De forma complementar, o Abstract e as Keywords asseguram a divulgação internacional do trabalho, tornando-o acessível a uma comunidade científica mais ampla. A Lista de Figuras facilita a consulta e navegação pelos elementos visuais incluídos, enquanto o Glossário reúne e clarifica conceitos técnicos fundamentais, garantindo uma leitura mais precisa e acessível do relatório. A Introdução estabelece as bases do estudo. No Enquadramento, é apresentada a problemática central, justificando a pertinência do tema no contexto académico e social, bem como a sua relevância para o campo do design. A Motivação reflete as razões pessoais e profissionais que levaram à escolha deste tema, evidenciando o interesse em explorar a relação entre a talha artesanal e a robótica. A Metodologia descreve de forma detalhada os procedimentos adotados, desde a revisão bibliográfica até à experimentação prática, permitindo compreender como se construiu o conhecimento ao longo do processo. Por fim, é explicitada a Estrutura do Relatório, esclarecendo a lógica de organização das diferentes secções que o compõem. A secção dedicada à Talha procura oferecer uma visão aprofundada desta técnica artesanal. São exploradas as suas origens históricas, a evolução ao longo dos séculos, o papel que desempenhou em contextos artísticos e culturais, bem como os processos manuais que a caracterizam. Para além da análise histórica e técnica, esta parte enfatiza o valor simbólico e identitário da talha, permitindo compreender de que forma o seu legado pode ser reinterpretado à luz do design contemporâneo.

Na parte relativa à Robótica, é abordada a dimensão tecnológica do estudo. A análise incide sobre as transformações que a robótica trouxe ao campo do design e da produção, destacando as suas potencialidades em termos de precisão, repetibilidade e experimentação formal. Contudo, são também discutidos os seus constrangimentos, nomeadamente os custos, a complexidade técnica e as questões de acessibilidade. Esta reflexão permite compreender como a robótica pode ser mobilizada como ferramenta complementar e não como substituto da prática artesanal, promovendo um diálogo entre tradição e inovação.

A secção de Ideação apresenta o processo criativo que serviu de ponte entre a teoria e a prática. Descrevem-se os métodos de geração de ideias utilizados, a exploração de referências visuais e conceptuais, bem como os esboços e protótipos iniciais que marcaram a evolução do pensamento projetual. Este momento do relatório valoriza a experimentação e a divergência criativa, mostrando como o confronto entre diferentes hipóteses abriu caminho para soluções inovadoras.

Em Design Brief procede-se à sistematização do projeto. São definidos de forma clara os objetivos principais, os requisitos funcionais e estéticos, os condicionantes técnicos e os critérios que orientaram o desenvolvimento da proposta. Esta secção constitui um ponto de viragem no relatório, pois traduz a reflexão e exploração criativa numa base estruturada, que guia a fase de definição projetual.

A Definição corresponde à concretização do projeto. São descritas as escolhas formais e técnicas realizadas, a integração entre os elementos tradicionais da talha e as ferramentas robóticas, bem como o modo como estas decisões se materializam num objeto funcional. Esta parte procura evidenciar a coerência entre a fundamentação teórica, a experimentação prática e a proposta final, demonstrando a relevância do trabalho enquanto contributo para o campo do design.

Seguem-se as Reflexões Futuras, onde se apontam possibilidades de continuidade da investigação. São explorados cenários de aprofundamento tecnológico, hipóteses de aplicação em novos contextos e potenciais desdobramentos que podem enriquecer a relação entre técnicas artesanais e inovação digital. Esta secção abre espaço para o diálogo académico e para a evolução do projeto para além dos limites deste relatório.

As Considerações Finais encerram o documento, sintetizando os resultados alcançados e refletindo sobre o impacto do trabalho desenvolvido. São retomados os objetivos

iniciais, avaliando de que forma foram cumpridos, e destacadas as principais contribuições para a valorização da talha através da mediação com a robótica. Esta secção sublinha o papel do design como agente de ligação entre passado e futuro, entre tradição e inovação.

Por fim, o relatório conclui-se com as Referências Bibliográficas, que asseguram a fundamentação científica do estudo, e com os Anexos, que reúnem materiais complementares, como registos de experimentação, imagens, esquemas técnicos e informações adicionais que apoiam a compreensão do processo desenvolvido.

1.Talha

1.1Definições conceituais

As valorizações das técnicas tradicionais de produção artesanal têm aumentado no contexto do design contemporâneo onde o resgate dos saberes manuais é habitualmente associado à sustentabilidade cultural e material. Entre essas técnicas, a talha madeira destaca-se pelo seu elevado valor patrimonial e expressivo, especialmente em países como Portugal, onde a técnica atingiu grande sofisticação durante o período barroco.

A talha é mais do que uma técnica escultórica é um código visual de religiosidade, simbolismo e identidade coletiva (Sereno,2016). Nesse sentido, a sua reinterpretação no âmbito do design exige um olhar atento à sua função original, aos seus elementos formais e aos significados que transporta para o tempo presente.

A distinção entre talha e escultura de talha em madeira é fundamental para orientar as abordagens contemporâneas que tem como objetivo dialogar com a tradição sem as reduzir a motivos decorativos superficiais. A talha geralmente é aplicada a superfícies arquitetónicas ou funcionais como retábulos, painéis e mobiliário, e caracteriza-se por ser uma técnica de ornamentação em relevo, centrada na criação de padrões visuais repetidos. Diferencia-se, portanto, da escultura em madeira, que é uma prática tridimensional que procura a autonomia estética da peça em relação ao seu suporte.

Na prática, a talha exige um trabalho de articulação entre função e forma, pois os relevos são moldados de modo a acompanhar a superfície e a lógica escultural do objeto onde são inseridos. Isso permite que a talha possua uma vocação arquitetônica e compositiva distinta da escultura, cujas possibilidades formais se estendem em todas as direções do volume. Como afirma Bianchini et al. (2021), quando lidamos com técnicas de patrimônio material, é essencial compreender que “a forma não está separada do processo, do contexto cultural e da experiência tátil da produção”. Isto é particularmente importante ao considerar a introdução de tecnologias digitais.

De fato, a aplicação de ferramentas como CNC ou braços robóticos têm surgido em trabalhos com madeira no design e na arquitetura, dando origem a novas possibilidades para a produção de relevos e detalhes com precisão milimétrica.

No entanto, essa adoção tecnológica nem sempre é acompanhada por uma reflexão crítica sobre o que significa automatizar uma prática artesanal. Tal como destacam investigadores da área do design patrimonial, a reprodução digital de uma nova técnica tradicional implica mais do que copiar formas, exige a tradução de um saber-fazer embutido nas ferramentas manuais, nos gestos e no tempo do artesão (Bianchini et al, 2021).

Neste contexto, a proposta de reinterpretar a talha em madeira através da robótica não visa substituir o artesanato, mas explorar as suas possibilidades formais e simbólicas através de novos meios de produção. Ao escolher trabalhar com talha e não com escultura, opta-se por um caminho mais exigente em termos de fidelidade cultural, mas também mais fértil em termos de discurso. A talha não é apenas forma, é narrativa aplicada, é linguagem visual codificada que participa da estrutura do objeto. Assim, a sua digitalização deve respeitar essa lógica, mantendo a articulação entre ornamento e função.

Esta abordagem contribui para a discussão sobre o papel do designer na mediação entre herança cultural e inovação tecnológica. Em vez de simplesmente homenagear o passado, o objetivo é dialogar com ele, reativando a sua relevância através de uma prática que comina investigação formal e técnica digital. A peça resultante será uma materialização crítica do cruzamento entre tradição e contemporaneidade, onde a madeira como suporte vivo da memória e transformação desempenha um papel central.

1.2 Gramáticas ornamentais da talha

Temas religiosos

Na talha barroca, os motivos religiosos enfatizam a devoção e a teatralidade do espaço sacro. O uso dos anjos e dos querubins servem com o mediador entre o divino e o fiel, enquanto elementos como palmas, louro e acanto simbolizam vitória espiritual e pureza celestial. Alguns itens cristológicos, como cruzes, cálices ou o sagrado coração, reforçam a presença d Eucaristia e da redenção.

As igrejas barrocas foram frequentemente totalmente revestidas com talha dourada para criar um ambiente “forrado a ouro”, intensificando a experiência mística do espaço litúrgico.

Por exemplo, a Igreja Matriz de Talhadas, destaca colunas salomónicas decoradas com videiras e serafins, evocando a ascensão da alma e a eucaristia.



Figura5: Anjos e Querubins-Símbolos de proteção espiritual

Figura6: Palmas, louros e flores de acanto -Associados à vitória divina e à pureza



Figura7: Elementos Cristológicos: -Cruzes, cálices, coroas de espinhos, corações flamajantes (Sagra do coração de Jesus)

Figura8: Animais Simbólicos: -O cordeiro (sacrifício), o pelicano (amor divino)

Temas Naturais

A presença dominante de folhas de acanto, videiras, rosas e lírios constitui uma linguagem simbólica vegetalista, elevando relevos que evocam resiliência, fertilidade e espiritualidade. As grinaldas e festoes celebram o triunfo, enaltecendo eventos ou figuras sagradas.

No estilo nacional português (final do séc. XVII), os retábulos combinavam acanto e cachos de uva com pequenas aves e querubins, criando composições densas e harmônicas, mas visualmente coesas.



Figura9: Folhas de acanto: - representa a resiliência e a imortalidade

Figura10: Rosas e Lírios: - Simbolizam pureza, beleza e espiritualidade



Figura11: Videiras e Uvas: - Associadas à eucaristia e à fertilidade.

Figura12: Arcos ou coroa de flores, utilizadas para simbolizar triunfo e celebração.

Temas geométricos

Os padrões geométricos, como rosetas, grecas, arabescos, linhas e losangos, que funcionam como elementos de ritmo e estrutura compositiva. Estes motivos aparecem principalmente em molduras, frisos, painéis e tetos, conferindo ordem visual e equilíbrio as superfícies.



Figura13: Rosetas: -Elementos circulares que representam o sol ou a perfeição divina.

Figura14: Grecas e Arabescos: -Padrões contínuos que trazem dinamismo e fluidez ao design.

Figura15: linhas e Losangos: -Usados para criar ritmo visual.

Temas Fantásticos e mitológicos

A talha barroca também recorre a seres alados (grifos, dragões, harpias), mascaradas decorativas e cenas mitológicas, incorporando valores como força, proteção e mistério. Estes elementos mitológicos eram reforçados por seres fantásticos que serviam como suportes ornamentais, combinando o drama do barroco com simbolismo narrativo.

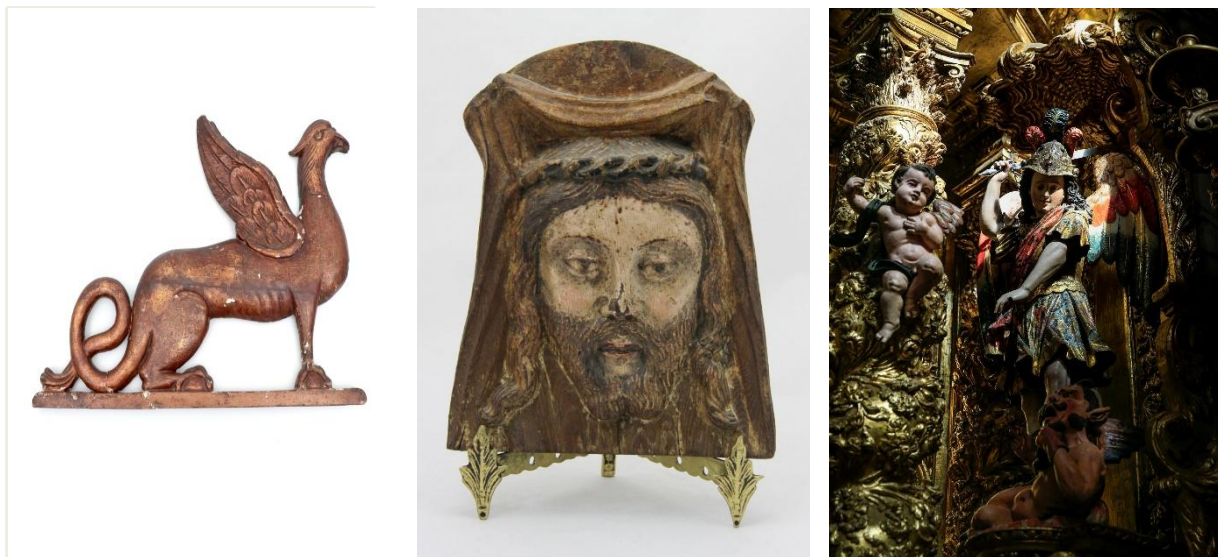


Figura16: Seres Alados: -Grifos, dragões e harpias, que simbolizam força e proteção.

Figura17: áscaras e Cartelas: -Muitas vezes usadas para enfatizar expressões artísticas.

Figura18: Cenas Mitológicas: -Usadas para destacar histórias e lendas

Temas Heráldicos (brasões e simbologia)

Nos espaços civis e religiosos de prestígio, a talha incluía escudos de armas, monogramas e insígnias que identificavam famílias, ordens religiosas ou patronos. Um exemplo notório é o retábulo da igreja de Santo António em Lagos, que apresenta brasões reais integrados em colunas salomónicas, reforçando autoridade e pendor cerimonial.



Figura19: Escudos e Armas: Identificar famílias nobres ou instituições religiosas

Figura20: nsígnias e monogramas: -usadas em portas e moveis de prestígio

1.2 As linhas e formas base da talha

A arte da talha em madeira distingue-se pela sua expressividade ornamental e pelo rigor das composições que combina fluidez, simetria e profundidade. Apesar da aparência espontânea e exuberante, as composições da talha seguem estruturas rigorosas, baseadas em linhas guias e formas básicas que organizam e orientam o desenvolvimento dos elementos decorativos. Estas estruturas, muitas vezes invisíveis ao observador comum, são essenciais para alcançar a harmonia visual típica da talha barroca e rococó.

A primeira etapa do desenho de uma peça de talha envolve o traçado das linhas estruturantes. Estas linhas funcionam como esqueleto da composição e determinam a distribuição dos motivos decorativos. As mais utilizadas são as linhas curvas suaves, como volutas e espirais que permitem interligar os elementos com continuidade e harmonia. As volutas, com origem clássica, remetem ao movimento natural das plantas e são frequentemente utilizadas como base para ornamentos florais e vegetais (Santos, 2011). Já as linhas em forma de “S” e “C”, que são especialmente características do estilo rococó, como se ilustra na Figura 21, as linhas em S e em C conferem movimento e dinamismo característicos do estilo rococó. Estas linhas dão dinamismo e movimento às composições, criando uma alternância rítmica que guia o olhar do observador através da peça (Amado, 2005).

Para além destas linhas existem eixos centrais e linhas simétricas que garantem equilíbrio na disposição dos elementos, tal como se observa na Figura 22, as linhas paralelas e simétricas asseguram o equilíbrio e a harmonia formal das peças talhadas, sobretudo em retábulos, molduras e painéis. Mesmo nas composições mais livres, há quase sempre uma lógica simétrica subjacente, ainda que subtil.



Figura21: Geometrias modulares como: losangos e círculos



Figura22: Linhas em S e em C

Após a definição das linhas guias, o entalhador trabalha com um conjunto de formas básicas recorrentes, que funcionam como módulos que compositivos.

As volutas e os arabescos são formas curvas que se desdobram em ornamentos complexos, representadas na Figura 23, as linhas curvas suaves e as volutas reforçam a fluidez e continuidade visual das composições, estas representam o crescimento orgânico e podem entregar elementos vegetais como folhas e flores. As folhas de acanto, de inspiração greco-romana, são um dos elementos mais icónicos da talha barroca. A sua morfologia permite variações que se adaptam a diferentes escalas e funções dentro da peça (Pereira, 2018).

As conchas, frequentemente associadas ao estilo rococó, são utilizadas como elementos centrais em frontões e cartelas, e simbolizam fertilidade e prosperidade e servem como ponto focal do conjunto decorativo.

A geometria modular, como círculos, losangos e grelhas, serve de base para padrões repetitivos. Embora menos visível no resultado esta geometria é essencial na fase de planeamento de desenho.

Pode dizer-se que a construção de uma peça de talha geralmente segue um processo ordenado, o traçado das linhas guias com carvão ou grafite sobre a madeira, o desenvolvimento das formas básicas como volutas e folhas de acanto em relevo

progressivo, e o acabamento com ferramentas finas e abrasivas, que suavizam as transições e revelam o detalhe técnico da peça.

Este processo artesanal, embora variando consoante a escola ou período histórico, mantém uma lógica compositiva que relaciona diretamente o gesto do entalhador a estrutura visual do objeto. Como observa Santos (2011), a talha é simultaneamente técnica, simbólica e geométrica, características que se unem através dessas linhas e formas fundadoras.



Figura23: Linhas paralelas e simétricas;

Figura24 Linhas curvas suaves como: volutas e espirais;

1.3 Ferramentas

A talha em madeira é uma arte que exige precisão, paciência e o uso de ferramentas específicas que permitem ao artesão transformar blocos de madeira em obras ornamentais detalhadas. Cada ferramenta tem uma função particular dentro do processo, desde a preparação da madeira até ao acabamento final.

A faca de entalhar (ou entalhadeira) é talvez a ferramenta mais emblemática da talha. Esta ferramenta possui diferentes formatos, reta, curva ou espatulada, que possibilitam cortes precisos e detalhados, fundamentais para criar os contornos e relevos que caracterizam o trabalho artístico em madeira. Com ela, o artesão consegue modelar superfícies e dar forma aos detalhes mais finos.



Figura25: Faca de entalhar

Complementado a faca, as goivas e os cinzéis são ferramentas essenciais para o desbaste e definição dos volumes. As goivas em U são indicadas para remover madeira em áreas curvas ou fundas, enquanto as goivas em V servem para criar linhas e sulcos acentuados. Já os cinzéis retos são usados para alisar superfícies e trabalhar arestas

com precisão. Essas ferramentas utilizadas em conjunto com um martelo ou malho, permitem aplicar a força necessária com controle, garantindo cortes limpos e eficazes.



Figura26: Conjunto de cinzéis.



Figura27: Goiva em U.

O martelo de madeira é utilizado para golpear os cinzéis e goivas, variando em peso conforme a força requerida para cada tipo de corte. Para manter o desempenho das laminas, são indispensáveis as ferramentas de afiar, como pedras de amolar de diferentes granulações e guias que asseguram o ângulo correto durante o processo.



Figura28: Martelo utilizado na talha.

Antes de iniciar a talha propriamente dita, é comum o uso do serrote fino, que permite cortar a madeira no formato aproximado desejado com grande precisão. A madeira também passa por um nivelamento inicial com a plaina, que prepara a superfície, tornando-a lisa e adequada para receber o trabalho de entalhe.

Por fim, a talhadeira é usada para abrir cavidades e remover material em zonas específicas, contribuindo para o detalhamento das formas e texturas.

Assim, a combinação destas ferramentas permite um processo estruturado: a madeira é cortada e nivelada, passa pelo desbaste inicial, recebe os entalhes iniciais e por fim tem as suas formas e acabamentos ajustados. O domínio de cada uma destas ferramentas é essencial para a qualidade das peças finais.



Figura29: Talhadeira.

Preocupações

- Risco de descontextualizar ou banalizar os motivos tradicionais ao adaptá-los a novos suportes ou tecnologias.
- Perda da riqueza tátil e da experiência do gesto artesanal no processo digital.
- Necessidade de respeitar os códigos simbólicos e religiosos presentes nos padrões tradicionais.
- Garantir que o resultado seja compreensível e significativo para o observador contemporâneo.

Síntese

- A talha é simultaneamente técnica, simbólica e geométrica, exigindo um processo ordenado de linhas guia, formas básicas e acabamento detalhado.
- A aplicação de tecnologias digitais deve ser crítica e reflexiva, traduzindo o saber-fazer artesanal sem simplesmente copiar formas.
- A reinterpretação contemporânea da talha oferece um diálogo fértil entre tradição e inovação, permitindo que a madeira continue a ser um suporte vivo de memória e transformação.
- Dominar a técnica e compreender os códigos ornamentais garante peças esteticamente harmoniosas e culturalmente significativas.

2. Robótica

2.1 O que é a robótica e como se aplica

A robótica é um campo interdisciplinar que integra engenharia mecânica, engenharia elétrica, ciência da computação e inteligência artificial com o objetivo de projetar, construir, programar e utilizar máquinas automatizadas, conhecidas como robôs (Siciliano e Khatib, 2016). No seu núcleo, a robótica procura automatizar tarefas repetitivas, perigosas ou que exigem precisão extrema. Com o avanço da computação e da fabricação digital, a robótica transcendeu os ambientes industriais e passou a integrar práticas criativas, como o design, a arquitetura e o artesanato digital.

Entre os componentes mais emblemáticos da robótica contemporânea estão os braços robóticos. Inspirados na anatomia do braço humano, estes dispositivos articulados são compostos por uma sequência de juntas e segmentos (chamados de “elos”), permitindo uma grande variedade de movimentos em múltiplos eixos (Craig, 2005). Um braço robótico pode ter entre 4 a 7 graus de liberdade, o que determina a sua capacidade de se mover em diferentes direções e realizar tarefas complexas com precisão milimétrica.

Estes braços utilizam atuadores elétricos, pneumáticos ou hidráulicos para mover os elos e realizar tarefas específicas, geralmente comandados por controladores programáveis. A integração de sensores (como força, proximidade, visão e temperatura) é fundamental para ajustar o comportamento do braço em tempo real, promovendo uma interação mais precisa com os objetos e o ambiente ao redor (Siciliano e Khatib, 2016).

Os braços robóticos são frequentemente utilizados na indústria automotiva, na manufatura de precisão, em linhas de montagem, mas também em setores emergentes como o design paramétrico e a construção automatizada. A sua grande vantagem reside na capacidade de repetir movimentos com exatidão, controlar velocidades de operação e manipular ferramentas variadas, como extrusoras, cabeçotes de corte ou fresas (Gramazio e Kohler, 2014). O uso de robôs na fabricação digital traz uma revolução produtiva, permitindo a produção em pequena escala altamente customizada, com grande controle formal e estético.

Um tipo particular de braço robótico muito utilizado no design é o braço colaborativo (ou “cobot”), como os modelos da Universal Robots ou ABB YuMi.

Estes robôs são programáveis de forma intuitiva e seguros para operar junto a humanos, o que os torna ideais para ateliês, laboratórios universitários e centros de fabricação digital.

Além da manipulação física, os braços robóticos podem ser integrados a sistemas de visão computacional e inteligência artificial, ampliando a sua autonomia e capacidade de adaptação a novas tarefas (Siciliano e Khatib, 2016). Tal integração permite que o robô identifique variações em tempo real e ajuste o seu comportamento com base em aprendizagens de máquina, tornando o sistema mais resiliente e inteligente.

2.2 Como é aplicada a robótica e quais as suas ferramentas

Para utilizar um braço robótico no contexto do design e da fabricação digital, é necessário articular conhecimentos técnicos que envolvem tanto a modelação tridimensional paramétrica, como o controle de máquinas CNC (controle numérico computadorizado). O fluxo de trabalho segue algumas etapas, uma delas é a modulação 3D.

Para isso são utilizados alguns softwares como Rhinoceros 3D, Autodesk, Fusion 360 ou Blender, frequentemente com plugs-ins paramétricos como Grasshopper ou Houdini, para criar geometrias complexas que podem ser adaptadas ao movimento do robô. Estes softwares permitem desenhar formas altamente complexas, muitas das vezes geradas por algoritmos ou equações matemáticas. Com o modelo 3D finalizado é necessário gerar os percursos que a ferramenta (fresa) seguirá. Este processo através de softwares CAM, como o fusion 360, Powermill ou KUKA|prc, que traduzem o modelo digital em comandos G-code ou scripts personalizados que são lidos e executados pelo robô.

Seguem-se a simulação e o pós-processamento, o movimento do robô é simulado digitalmente para evitar colisões e otimizar os tempos de produção. A simulação permite prever falhas, definir limites de movimento e testar diferentes estratégias de corte. Em seguida, os dados são exportados para o controlador do robô e ajustados de

acordo com os parâmetros físicos da máquina. De seguida, o robô executa o percurso de fresagem sobre o material escolhido. O operador acompanha o processo e ajusta variáveis como velocidade de avanço, profundidade de corte e refrigeração da fresa, se necessário.

A fresagem é uma técnica subtrativa onde uma ferramenta rotativa remove material de um bloco bruto (geralmente madeira, espuma, resina ou metal). Os braços robóticos utilizam eixos rotativos acoplados, transformando-se em fresas de 5 ou 6 eixos. Isso permite cortes em múltiplas direções e uma liberdade formal muito superior às fresadoras CNC tradicionais. Posto isto, existem alguns tipos diferentes de fresas.

Um tipo de fresa, são as fresas de topo (flats end mills), usadas principalmente para desbaste, nivelamento e aplanamento de superfícies. Por possuírem uma extremidade plana, são ideais para cortes retos e remoção de material em áreas amplas.

São eficazes em operações iniciais de fresagem, onde a prioridade é retirar grandes volumes de material com rapidez. Outro tipo de fresas são as fresas esféricas (ball end mills) usadas principalmente para acabamento de geometrias curvas e superfícies orgânicas. Devido à sua ponta arredondada, conseguem suavizar as transições entre planos inclinados e contornos complexos. São largamente utilizadas na fabricação de moldes, esculturas e relevos artísticos.

Existem também, fresas cónicas (tapered end mills) que possuem um corpo afunilado e são ideais para fresagem de detalhes intrincados, como letras, ornamentos e superfícies com variação progressiva de profundidade, estas fresas permitem cortes mais delicados, sobretudo quando se trabalha com madeira dura ou materiais frágeis que exigem maior controle.

Por fim existem as fresas de faceamento (face mills) utilizadas para aplainamento de grandes áreas planas com rapidez e eficiência. São particularmente eficazes quando se deseja preparar a superfície do material antes de iniciar os detalhes mais finos.



Figura30: Fresa de topo e fresa cónica

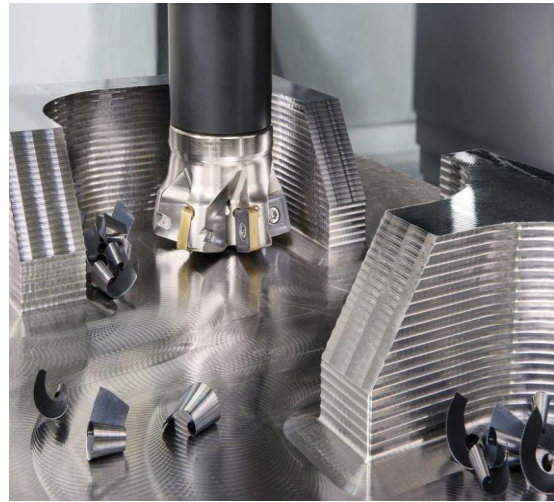


Figura31: Fresa de Faceamento

A escolha das fresas está muito dependente de múltiplos fatores, tais como tipo e dureza do material, materiais como madeiras macias requerem menos torque e permitem o uso de fresas maiores e mais agressivas, já madeiras densas, metais ou compósitos exigem fresas com ligas mais resistentes e velocidades de corte mais controladas. A escolha da fresa também pode variar conforme o acabamento desejado, um acabamento mais rustico ou de desbaste pode ser feito com fresas de topo, enquanto um acabamento artístico e detalhado requer fresas esféricas cónicas. Um outro aspeto que define o tipo de fresa é a geometria da peça, já que peças com superfícies curvas ou detalhamento ornamental demandem fresas esféricas ou cónicas para garantir a continuidade do corte.

2.3 Projetos de referência na área da robótica

BUGA Fibre Pavilion (ICD/ITKE, Univerisade de Stuttgart, 2019) Recorrendo ao uso de robôs para tecer fibras de carbono, o pavilhão representa um avanço no uso da robótica para criar estruturas leves inspiradas na morfologia natural. Os robôs executaram movimentos precisos para aplicar as fibras com base em modelos computacionais generativos (Menges et al, 2020). Esse tipo de trabalho demonstra como a robótica permite explorar geometrias antes impossíveis de serem construídas manualmente.



Figura32: BUGA Fibre Pavilion

Porto Academy- Gramazio Kohler Architects

Neste workshop internacional, estudantes utilizaram braços robóticos para reinterpretar técnicas construtivas tradicionais através da fresagem em madeira. O projeto destaca o potencial da robótica em contextos pedagógicos e experimentais (Gramazio e Kohler, 2014). A aplicação neste contexto, mostra como a fabricação digital pode dialogar com praticas artesanais, ressinificando-as.



Figura33: Clay Rotunda / Gramazio Kohler Research

Digital Grottesque (Michael Hansmeyer e Benjamin Dillenburger, 2013)

Embora este projeto tenha sido realizado com impressão 3D em arenito, este projeto é um exemplo de como a estética ornamental pode ser reinterpretada por meios digitais. O trabalho poderia ser adaptado à fresagem robótica com ferramentas adequadas. A complexidade do ornamento gerado computacionalmente exemplifica o potencial da robótica em traduzir códigos ornamentais históricos para a era digital.



Figura34: Digital Grottesque II / computacional architecture

Programmed Column (ETH Zurich e Gramazio Kohler Research, 2015) Uma coluna construída com camadas de madeira fresada por robôs industriais. O projeto explora a lógica paramétrica para criar variações formais que reinterpretem a coluna clássica, trazendo novos significados e estéticas (Gramazio e Kohler, 2014).

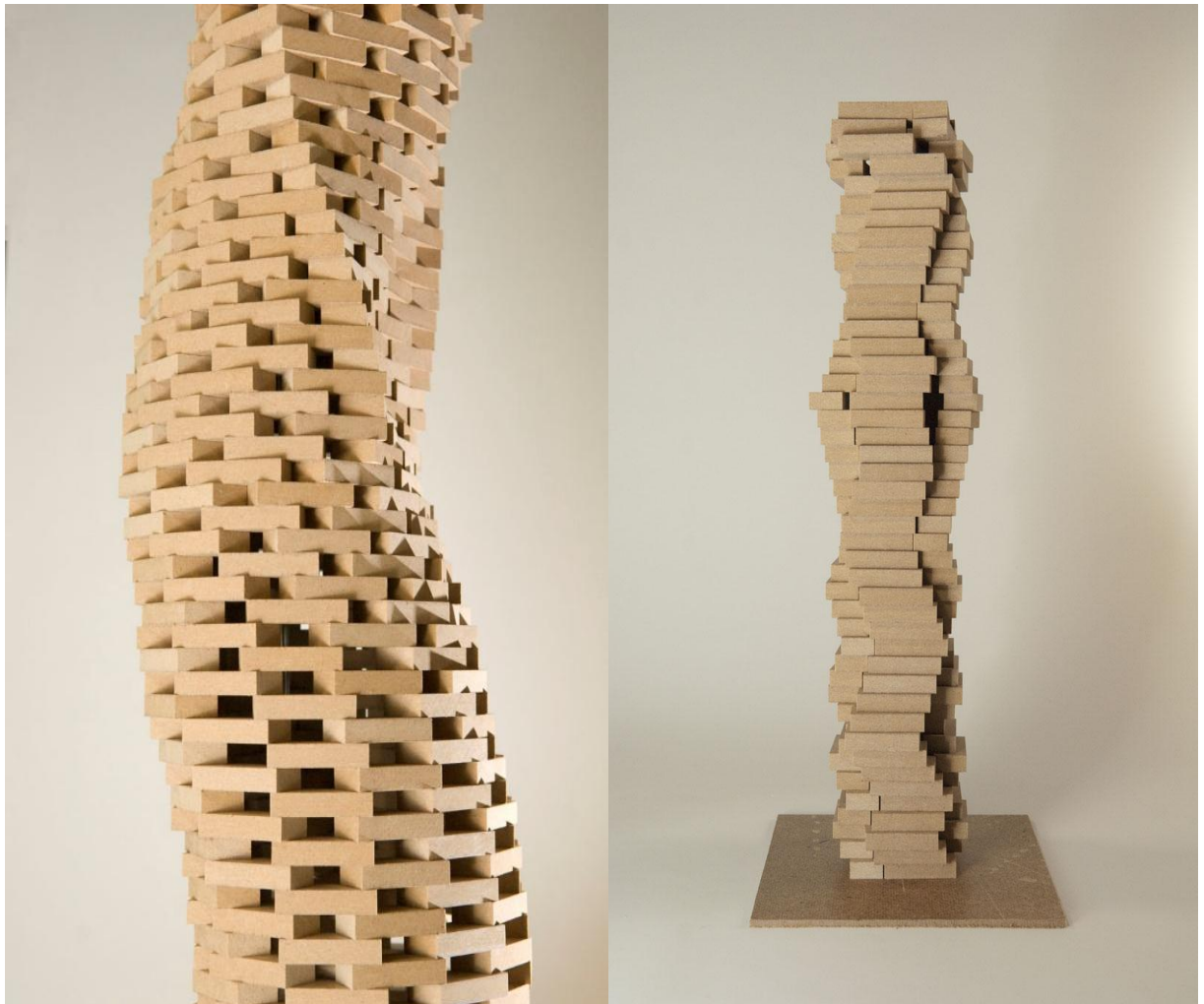


Figura35: The Programmed Column, ETH Zurich, 2009

2.4 Vista ao Laboratório da Universidade do Minho

No decorrer deste projeto, e após a investigação ter conduzido o projeto a fazer uso de robótica como processo de produção do projeto, foi realizada uma visita ao laboratório de automação e robótica da universidade do Minho. Nesta visita foi possível adquirir alguns insights importantes, por exemplo a nível do conhecimento técnico necessário para utilizar um braço robótico, também foi importante para compreender em que posição as peças podem ser fresadas e como tem de ser fixadas a base de trabalho da máquina. Ao nível das fresas foi possível compreender o tipo de cortes e acabamentos que estas dão, tendo sido também fundamental para compreender o funcionamento do braço e as suas tolerâncias já que o tamanho de uma fresa não está diretamente relacionado com a sua capacidade de trabalho, ou seja, o comprimento total de uma fresa não corresponde diretamente ao seu comprimento de corte. A capacidade de trabalho de um braço robótico é mais flexível já que opera mais livremente do que outras máquinas como CNC que trabalham sobre 3 ou mais eixos.



Figura36 Registo pessoal- acabamentos da fresa.

Figura37: Registo pessoal- Braço robótico Kuka.

Figura38: Registo pessoal- Fresa do braço kuka.



Figura39: Registo pessoal- Visita ao laboratório e os insights de uma conversa sobre robótica

Figura40: Registo pessoal-Braço robótico para trabalho de pequena escala.

Constrangimentos

- Limitação do alcance e liberdade de movimento do braço robótico.
- Necessidade de fixação correta das peças na base de trabalho.
- Dependência do tipo de fresa em relação ao material e à geometria da peça.
- Regras de velocidade, torque e profundidade de corte para evitar falhas.
- Limitações do software de simulação em prever todas as colisões e erros físicos.
- Necessidade de sincronização entre software paramétrico e CAM para execução precisa.

Preocupações

- Riscos de colisão e falha mecânica durante operações complexas.
- Escolha incorreta de fresa pode comprometer acabamento ou danificar o material.
- Integração insuficiente de sensores pode reduzir autonomia e adaptabilidade do robô.
- Complexidade técnica exige operadores capacitados para evitar erros.
- Compatibilidade entre software paramétrico e hardware.
- Sustentabilidade: desperdício de material e energia durante prototipagem.

Síntese

- A robótica possibilita a transformação de processos criativos, combinando precisão, repetibilidade e liberdade formal.
- Braços robóticos e cobots ampliam o potencial de experimentação no design e arquitetura, tornando possível explorar geometrias complexas e técnicas artesanais reinterpretadas.
- A integração de IA e visão computacional aumenta a autonomia e flexibilidade, aproximando o robô de um sistema adaptativo.
- A experiência prática em laboratórios permite compreender limites físicos, capacidades das ferramentas e melhores estratégias de produção.
- O uso da robótica é um equilíbrio entre inovação tecnológica, segurança, precisão e conhecimento técnico especializado.

3.Ideação

3.1Esboços

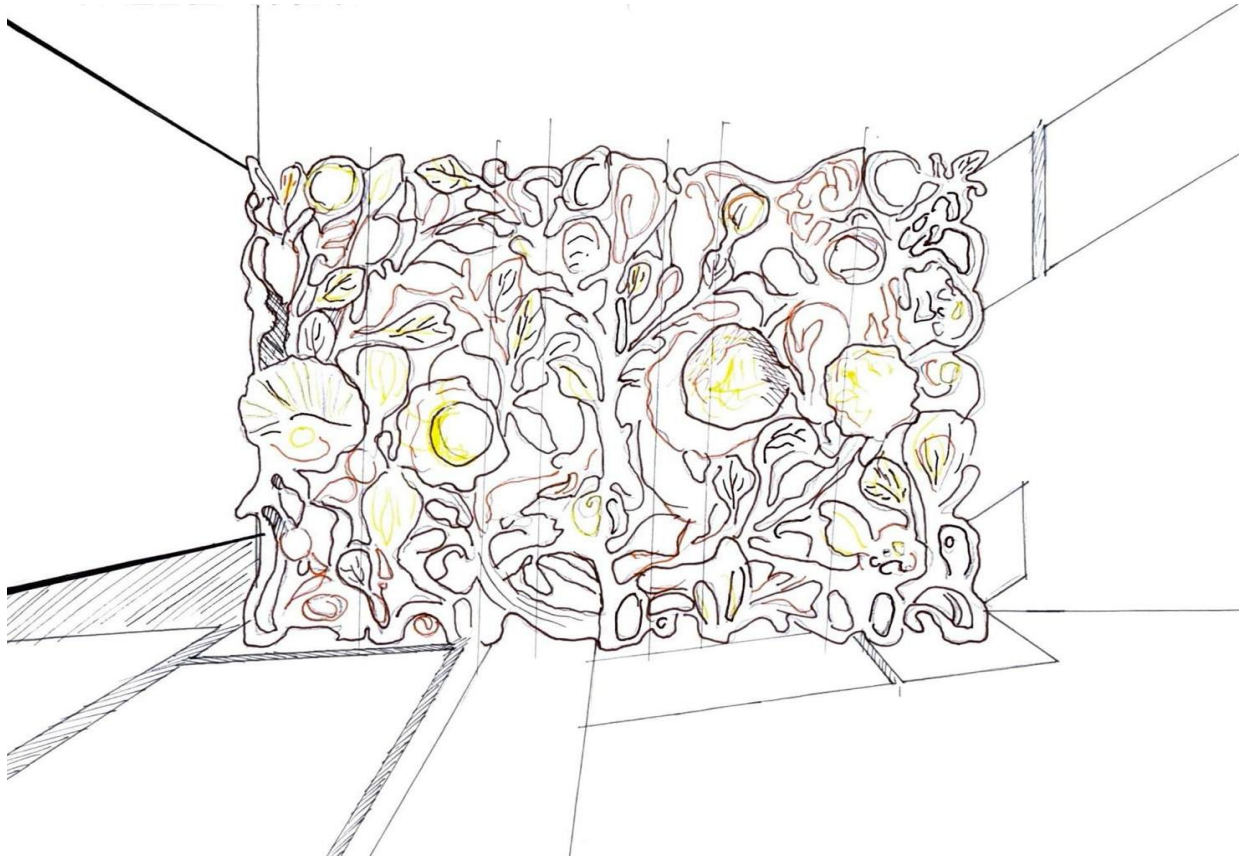


Figura41: Esboço que deu origem ao render em AI.



Figura42: Zona do painel a ser trabalhada

3.2 Transformação através de Inteligência Artificial

No presente projeto de mestrado, que visa reinterpretar a técnica tradicional da talha através de processos contemporâneos de design e fabricação digital, a Inteligência Artificial (IA) tem um papel estratégico como ferramenta de apoio criativo e de comunicação visual. A talha, enquanto técnica ornamental de elevado valor cultural e histórico, caracteriza-se por padrões complexos, volumetrias detalhadas e forte carga simbólica. Traduzir estas características para um contexto de design contemporâneo implica não apenas compreender a sua linguagem formal, mas também explorar novas formas de representação que facilitem a transposição para produção assistida por tecnologia.

Neste contexto, a IA oferece a possibilidade de transformar um simples esboço manual que mantém a essência e as proporções da talha, em representações tridimensionais ou fotorealistas capazes de simular materiais, texturas e interação com a luz. Como defendem Bianconi e Filippucci (2019), a integração de técnicas digitais inovadoras na representação de estruturas em madeira permite “explorar novas linguagens formais e possibilidades construtivas” (p. 4), mantendo simultaneamente o respeito pelas tradições artesanais.

Esta abordagem apresenta vantagens significativas para o projeto. Em primeiro lugar, assume a visualização precoce da peça, permitindo identificar, antes da prototipagem física, questões relacionadas com volumetria, coerência estética e adequação técnica. Em segundo lugar, dá-nos a possibilidade da exploração de alternativas – a partir de um único desenho base, podem ser geradas múltiplas variações, testando diferentes padrões, materiais ou escalas, como salientam Gramazio e Kohler (2013) ao discutir o potencial da fabricação digital para ampliar a liberdade formal no design.

Outro ponto fundamental é a comunicação eficaz do conceito. A talha, enquanto expressão visual densa e detalhada, pode ter uma difícil compreensão em representações bidimensionais, especialmente para um público não especializado. A utilização da IA para gerar imagens realistas – simulando a textura da madeira, os relevos esculpidos e o comportamento da luz – facilita a perceção do impacto final da

peça no espaço, tornando o projeto mais tangível e convincente para orientadores, júris académicos ou potenciais parceiros.

Esta estratégia torna-se ainda mais relevante quando articulada com os recursos de fabricação digital e robótica previstos para este projeto, como CNC de múltiplos eixos ou braços robóticos. Tal como observa Brugnaro (2020) na sua investigação sobre escultura robótica adaptativa, a ligação entre modelação digital e produção robotizada não substitui o valor artesanal, mas amplia a capacidade de executar geometrias complexas com precisão e eficiência. No caso específico deste trabalho, a IA atua como elo entre o desenho inicial e o modelo tridimensional final, pronto para ser convertido em código de maquinaria compatível com as tecnologias disponíveis.

Assim, no âmbito da talha reinterpretada, a Inteligência Artificial não é apenas um recurso auxiliar para a visualização. É um meio que potencia exploração criativa, precisão técnica e clareza comunicacional, traçando uma ponte entre o saber tradicional e a inovação tecnológica. Este equilíbrio é fundamental para garantir que a peça final preserve a identidade estética e cultural da talha, enquanto se posiciona como um objeto



contemporâneo, funcional e tecnicamente viável para produção.

Figura43: Render gerado através do esboço e um prompt para representar o painel a ser desenvolvido.

3.3 Design final da zona do painel a ser trabalhada

No desenvolvimento do presente projeto, tornou-se necessário selecionar apenas uma área específica do painel para aprofundar o trabalho prático, já que este teria dimensões de grande escala, o que seria difícil de produzir num curto espaço de tempo. Esta decisão foi motivada por um conjunto de fatores técnicos, materiais e operacionais que impactam diretamente a viabilidade da execução no contexto académico.

Em primeiro lugar, a dimensão total do painel implica elevados custos de produção, tanto no que respeita ao consumo de madeira quanto ao tempo de maquinação. Um painel de grande escala, com padrões de talha complexos e profundidade variável, exige um tempo prolongado de operação em CNC ou robótica, aumentando não só o consumo energético como também o desgaste de ferramentas.

Em segundo lugar, a otimização do uso de materiais foi um critério central, de forma a minimizar desperdícios e alinhar o projeto com práticas de produção sustentável. Ao restringir a área de trabalho, é possível aproveitar melhor a matéria-prima, garantindo cortes mais eficientes e aproveitando sobras para ensaios e prototipagem.

Do ponto de vista técnico, a complexidade da talha e da técnica aplicada exige testes e ajustes de parâmetros de corte, velocidades e tipos de fresas. Trabalhar numa secção representativa do painel permite validar a qualidade do detalhe, a precisão dimensional e o acabamento superficial antes de se avançar para a escala total. Este processo iterativo é essencial para reduzir erros e otimizar o fluxo de produção.

Por fim, a escolha de uma zona representativa do padrão geral garante que os elementos formais e conceptuais do projeto são preservados, permitindo demonstrar o valor estético, a aplicação da técnica e o potencial da peça final, mesmo numa escala reduzida. Esta abordagem assegura o equilíbrio entre a fidelidade ao conceito original e a viabilidade prática da execução no contexto temporal e logístico do mestrado.

No presente projeto, que explora a reinterpretação da talha através de tecnologias contemporâneas de fabricação digital, optou-se por desenvolver apenas uma área específica do painel concebido. Esta decisão foi orientada por fatores técnicos, materiais, económicos e metodológicos que afetam diretamente a viabilidade da execução no contexto académico.

Em termos de dimensão física, a execução integral do painel exigiria um elevado volume de material e um tempo de produção substancial. Painéis de grande escala, especialmente com padrões ornamentais complexos e profundidade variável, implicam operações prolongadas em CNC ou braços robóticos, aumentando não só o consumo energético e os custos de produção, como também o desgaste das ferramentas (Gramazio & Kohler, 2013).

A otimização do uso de materiais constituiu outro critério determinante. A produção sustentável, apoiada por métodos digitais, pressupõe o aproveitamento máximo da matéria-prima e a redução de desperdícios (Bianconi & Filippucci, 2019). Ao restringir a área de trabalho, foi possível organizar a maquinação de forma mais eficiente, reaproveitar sobras para testes e minimizar perdas durante o processo.

Do ponto de vista técnico, a aplicação da técnica de talha assistida por robótica ou CNC exige um período experimental significativo. Trabalhar numa secção representativa do padrão permitiu testar parâmetros de corte, velocidades de avanço, tipos de fresas e estratégias de acabamento antes da execução em escala total. Tal abordagem de prototipagem parcial é reconhecida como prática comum em design e fabricação digital, funcionando como etapa de validação técnica e formal (Brugnarò, 2020).

A seleção da zona de estudo foi realizada com o objetivo de preservar a representatividade estética e conceptual do painel original. A área escolhida contém elementos-chave da composição – formas orgânicas, relevos e variações de profundidade – que permitem demonstrar o valor decorativo, a viabilidade técnica e o potencial funcional da peça final. Assim, mesmo numa escala reduzida, o protótipo comunica de forma clara a intenção projetual, cumprindo os requisitos de demonstração no contexto de um projeto de mestrado.

Esta estratégia não só equilibra fidelidade conceptual e viabilidade prática, como também se enquadra numa abordagem iterativa e sustentável do design, na qual o desenvolvimento é conduzido por ciclos de teste, análise e refinamento antes da produção final.

4.Design Brief

4.1 Produção híbrida

No contexto contemporâneo do design e da produção material, assiste-se a um crescente interesse por abordagens híbridas que combinam tecnologias emergentes com praticas artesanais. Entre essas abordagens, destaca-se a fusão entre o uso de braços robóticos na fresagem e na talha manual tradicional em madeira, uma combinação que transcende uma simples complementaridade técnica, tornando-se um diálogo, estético, cultural e simbólico entre o passado e o futuro.

A escolha por uma produção híbrida não se prende apenas a ideia de eficiência ou inovação técnica. Trata-se de uma decisão intencional e critica, que reconhece os limites e as potencialidades de cada abordagem. A robótica permite explorar geometrias complexas, cortes precisos e repetibilidade necessária para processos digitalmente parametrizados. Já a talha manual oferece sensibilidade, improviso, singularidade e uma ligação tátil entre o artesão e o material

Atualmente, o mundo é de forma crescente mediado por algoritmos e automação, a preservação e reinterpretação de técnicas manuais torna-se uma afirmação de identidade e de memoria cultural. A talha, como expressão de um saber-fazer, traz consigo camadas históricas e materiais e resistem à homogeneização da produção digital. A inclusão em processos contemporâneos não é uma simples etapa final de acabamento, mas uma dimensão narrativa e expressiva que permite o objeto ter uma profundidade estética e humana.

Na prática, a produção híbrida envolve uma lógica de divisão estratégica do trabalho. A fase inicial do processo é frequentemente confiada á robótica, o braço equipado com fresas de diversos tipos (topo, esféricas, cónicas entre outras), executa a volumetria base do objeto, escavando zonas com precisão programada, respeitando coordenadas espaciais complexas.

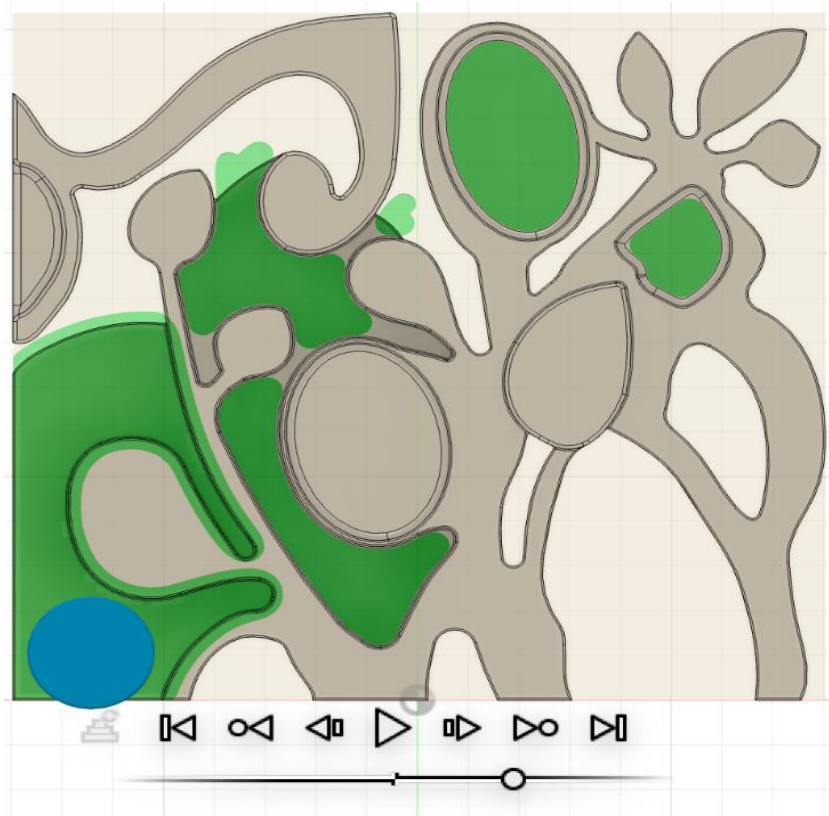


Figura44: Teste para o funcionamento do braço robótico na peça

Requerimentos

- Integração entre robótica e talha manual para combinar precisão e sensibilidade artística.
- Domínio de softwares de modelação paramétrica (Rhinoceros 3D, Grasshopper, Fusion 360) para gerar geometria complexa.
- Conhecimento de fresagem robótica, incluindo tipos de fresas (topo, esféricas, cónicas) e limites físicos do braço robótico.
- Experiência em técnicas tradicionais de talha manual para execução de detalhes, acabamento e interpretação estética.
- Planeamento do fluxo de trabalho híbrido, definindo quais partes do objeto serão executadas digitalmente e quais manualmente.

Constrangimentos

- Limitações físicas do braço robótico em termos de alcance, força e tolerância das fresas.
- Fragilidade ou complexidade do material, exigindo cuidados adicionais na fase manual.
- Necessidade de fixação adequada da peça para evitar deslocamentos durante a fresagem ou talha.
- Coordenação temporal entre o trabalho digital e manual para manter coerência estética e estrutural.
- Dependência de habilidades específicas do artesão, que podem variar entre indivíduos.

Objetivos

- Criar peças com alta complexidade geométrica e precisão inicial através do braço robótico.
- Introduzir singularidade, improviso e toque humano através da talha manual, preservando a expressão artesanal.
- Reinterpretar técnicas tradicionais de talha dentro de processos contemporâneos e digitais.

- Produzir objetos que dialoguem estética, cultural e simbolicamente entre passado e futuro.
- Explorar a complementaridade entre automação e trabalho manual, sem perder valor artístico ou funcional.

Preocupações

- Possível desalinhamento entre a geometria programada e a execução manual, causando inconsistências.
- Risco de danos à peça durante a fase manual ou devido a falhas na fixação.
- Compatibilidade entre a precisão da robótica e a flexibilidade do trabalho artesanal, evitando que a peça pareça “fria” ou homogênea.
- Complexidade do fluxo de trabalho híbrido, exigindo coordenação meticulosa entre etapas digitais e manuais.
- Equilíbrio entre inovação tecnológica e preservação de identidade cultural.

Conclusões

- A produção híbrida permite unir o melhor dos dois mundos: a precisão e repetibilidade da robótica com a sensibilidade e singularidade da talha manual.
- Este tipo de abordagem não é apenas técnico, mas também cultural e estética, valorizando a narrativa e a memória do saber-fazer tradicional.
- A divisão estratégica do trabalho, com robótica a definir volumetria e manual a executar detalhes, maximiza eficiência e qualidade estética.
- A integração entre processos digitais e artesanais promove novas possibilidades de design, permitindo explorar geometrias impossíveis manualmente e ao mesmo tempo preservar expressão artística.
- A prática híbrida reforça a relevância das técnicas manuais na era digital, demonstrando como tradição e inovação podem coexistir de forma complementar.

5. Definição

5.1 Desenhos Técnicos

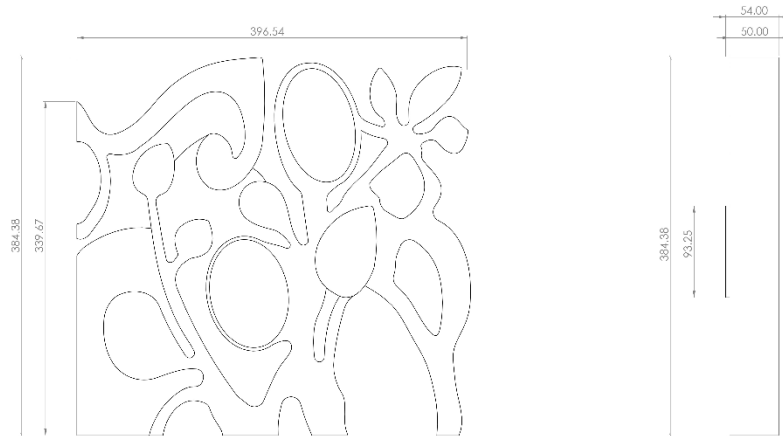


Figura45: Desenho técnico à escala 1:2

5.2 Protótipo Final



Figura46: Protótipo Final

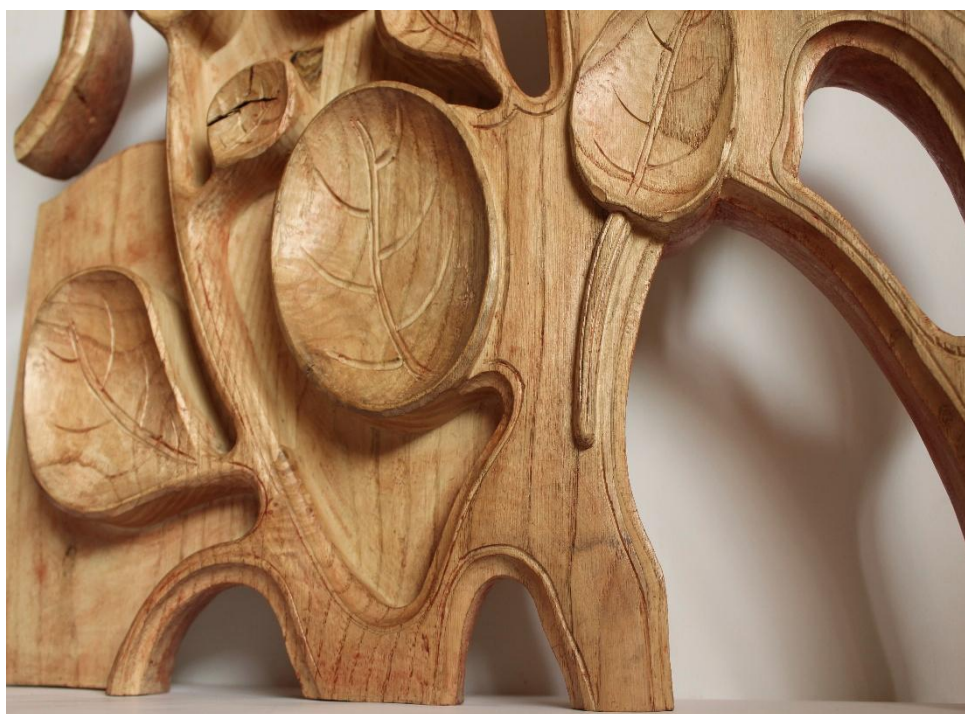


Figura47: Protótipo final



Figura48: Protótipo final

5.3 Execução do protótipo

O protótipo deste projeto foi inicialmente concebido através de uma abordagem híbrida, combinando execução manual por um artesão especializado em talha com produção mecanizada, recorrendo a tecnologia robótica avançada, nomeadamente braços robóticos de múltiplos eixos. Esta estratégia procura refletir, no próprio método construtivo, o conceito central do projeto: o diálogo entre a tradição da talha e a inovação tecnológica aplicada ao design contemporâneo (Gershenfeld, 2005; Lipson & Kurman, 2013).

A produção por braço robótico envolve fases técnicas complexas que, no contexto de um projeto académico com recursos limitados, constituem obstáculos significativos. Inicialmente, é necessária uma modelação digital tridimensional detalhada, que traduza com fidelidade a volumetria, os relevos e as transições formais do desenho original (Boehm et al., 2011). Segue-se o planeamento de percursos de ferramenta específicos para robótica, que diferem substancialmente dos utilizados em CNC convencional, uma vez que os robôs permitem movimentos contínuos em múltiplos eixos e ângulos variáveis (Khoshnevis, 2004).

Esta etapa exige programação avançada do robô, geralmente realizada em softwares dedicados, como RoboDK, Grasshopper com KUKA|prc ou ABB RobotStudio, implicando conhecimento técnico especializado (Gershenfeld, 2005; Bogue, 2018). A configuração e calibração da ferramenta de corte é igualmente crítica, devendo considerar tipo, diâmetro e comprimento da fresa, bem como características do material. Durante a execução, a monitorização constante e ajustes em tempo real são imprescindíveis, pois fatores como vibrações, variações na densidade da madeira ou pequenas imprecisões no alinhamento podem comprometer o resultado (Boehm et al., 2011; Khoshnevis, 2004).

Estes fatores representam não apenas um investimento elevado de tempo, mas também custos significativos, tornando inviável a utilização de braços robóticos para o protótipo no contexto e prazos definidos para o mestrado (Bogue, 2018).

Face a estas limitações, optou-se pela execução do protótipo em CNC. Apesar de não oferecer a mesma liberdade geométrica de um braço robótico, a CNC permite reproduzir com elevada precisão a complexidade formal da talha reinterpretada. O processo de preparação é mais direto: a partir do modelo digital 3D, o percurso de ferramenta é gerado em softwares CAM de ampla difusão, com menor curva de aprendizagem e risco reduzido de falhas graves (Lipson & Kurman, 2013). Esta solução mantém o projeto alinhado com a sua premissa académica – uma peça que materializa a integração da talha com a fabricação digital – garantindo simultaneamente viabilidade técnica e orçamental.

Importa sublinhar que a utilização de CNC nesta fase não limita o desenvolvimento futuro do projeto. O protótipo obtido serve como validação formal e técnica do design, podendo ser produzido posteriormente em maior escala ou com tecnologia robótica quando houver acesso a recursos mais avançados (Gershenfeld, 2005; Bogue, 2018).

A dimensão híbrida do projeto mantém-se relevante: a parte manual realizada por um artesão introduz carácter expressivo, sensorial e cultural da talha, enquanto a parte mecanizada assegura precisão, repetibilidade e eficiência produtiva. Esta combinação materializa, no processo construtivo, a essência do projeto: a coexistência entre saber-fazer tradicional e potencialidades das tecnologias de fabricação digital (Lipson & Kurman, 2013). O protótipo resultante é, assim, não apenas uma amostra física do objeto final, mas também um testemunho da metodologia proposta, um equilíbrio consciente entre tradição e inovação, ajustado às limitações de um projeto académico, mas com potencial de evolução para contextos mais amplos e tecnologicamente ambiciosos.

No início do processo da definição de projeto, e após a vista realizada ao laboratório de robótica, na universidade do Minho no âmbito do projeto, foi possível compreender de forma contundente determinados desafios que poderiam surgir ao longo da construção do protótipo. Sendo este projeto de uma dualidade que alterna entre o trabalho manual e a produção através do uso de máquinas, ou seja, na produção híbrida foram encontradas algumas incompatibilidades entre os dois tipos de produção. Inicialmente planeado e pensado para uma construção feita através de braço robótico, já que ao longo da investigação foram pesquisadas algumas hipóteses e foi concluído que o uso

de braço robótico seria a ferramenta que mais se adequava e que mais permitiria um resultado fluído entre o trabalho da máquina e o trabalho do artesão. No entanto, houve a necessidade de o protótipo ser executado através do uso de CNC, tecnologia robótica também, mas que está mais restrita aos seus eixos, desta máquina resultam trabalhos precisos, mas que não tem a mesma liberdade de movimentos do braço robótico. Por se tratar de um projeto académico, existiram alguns obstáculos na realização da produção com braço robótico, nomeadamente a dificuldade em encontrar um espaço disposto a colaborar no projeto, que numa fase já mais avançada do projeto surgiu, posteriormente foram surgindo algumas dificuldades ao nível do conhecimento técnico e domínio necessário. Ao recorrer ao uso de uma ferramenta deste género, é necessário assimilar algumas informações técnicas que terão influencia direta sobre o projeto, umas das primeiras questões foi compreender como se processa a produção, após a modelação digital do objeto, neste caso o painel, é necessário guardar o ficheiro num determinado formato para que este possa ser aberto num sistema em que um técnico consiga traduzir a peça para fornecer comandos ao braço, para isto é necessário um elevado conhecimento técnico assim como um software adequado, após esta fase este novo ficheiro é guardado e transformado num código que o braço consegue ler para ter as coordenadas corretas e saber que partes terá que fresar. Neste processo de produção também é necessário compreender qual será a forma mais ajustada para trabalhar a peça, se a peça estará deitada ou se em algum momento será necessário virá-la, pois se assim for de todas as vezes que a peça é movida a máquina terá de ser calibrada. Isto impôs, algumas questões para a peça em questão já que a mesma possui zonas totalmente escavadas e outras com algumas reentrâncias que teriam de ser trabalhada pela frente traseira da peça e por isso foram colocadas duas possibilidades dividir o painel em três camadas para que as fresas conseguissem trabalhar as diferentes zonas do painel ou por outro lado criar o painel com várias formas volumétricas e orgânicas que se encaixassem entre si. À parte disto é necessário, escolher as fresas que a máquina irá usar já que todas tem pontas diferente e resultam em diferentes tipo de superfície, sendo que estão limitas a alguns tamanhos cujo comprimento total da fresa não representa a sua capacidade trabalho, sendo muitas vezes necessário fabricar uma fresa para um trabalho específico. Além do custo do trabalho e do uso da máquina.

E esse foi um dos desafios encontrados já que o painel é feito em madeira maciça com uma espessura que a maioria das fresas não tem a capacidade de vaziar, foi posta a possibilidade o material ser trocado para por exemplo para contraplacado no entanto isso gerava uma incongruência, tendo em conta que após o trabalho da máquina seria necessário acrescentar o trabalho, a técnica artesanal à peça, técnica essa que não é possível ser realizada nesse material já que necessita de madeira macias para poder ser aplicada. Posto, isto recorreu-se ao uso da CNC de modo a concluir-se o protótipo, tendo sempre em conta e de forma consciente que se o projeto se desenvolvesse e fosse de facto produzido o braço robótico seria o real parceiro do artesão. Após esta tomada de decisão, foi iniciado o processo de prototipagem, num primeiro momento utilizou-se a CNC para desenhar as linhas bases do desenho e testou-se em espuma de poliuretano, após o teste marcou-se a madeira. Para que a peça não ficasse fragilizada para o artesão a trabalhar. este começou por desbastar algumas das formas, e posteriormente a peça foi novamente colocada sobre a CNC para que esta fizesse os vazados e cortes necessários fossem efetuados, tratando assim o grosso da peça e dando espaço para que o artesão concluísse a peça. Após os cortes e vazados realizados o artesão talhou a peça trabalhando tanto a superfície traseira como a frontal.



Figura49: Registo pessoal: Teste em CNC em placa

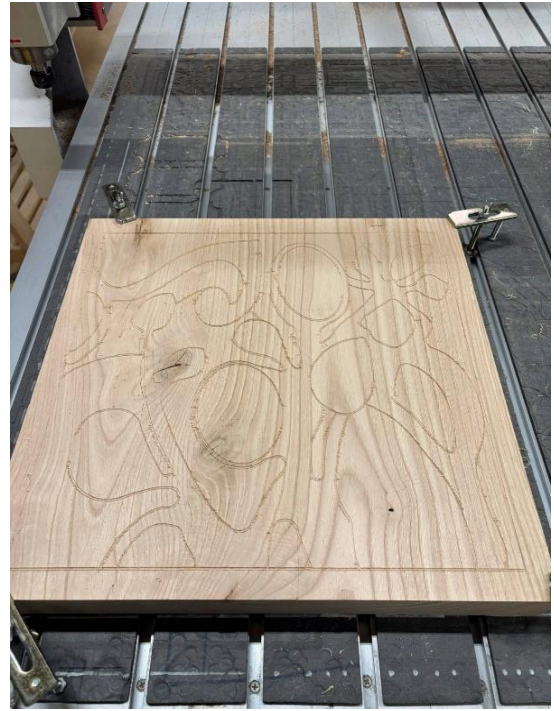


Figura50: Registo pessoa: Marcação na base de madeira com CNC



Figura51: Registo pessoal: trabalho do artesão



Figura 52: Registo pessoal: trabalho do artesão



Figura53: Registo pessoal: O entalhe.



Figura54: Registo pessoal: O entalhe.



Figura55 Registo pessoal: Peça antes do acabamento.

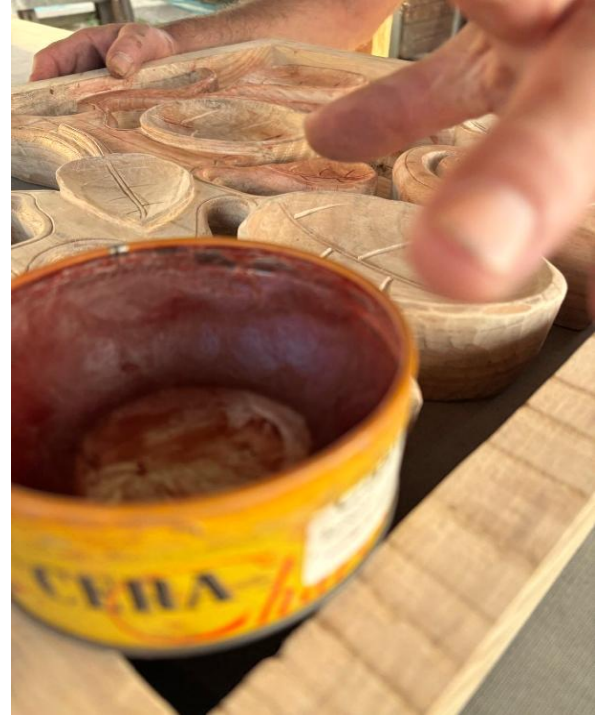


Figura56 Registo pessoal: O encerar da peça.



Figura57: Registo pessoal: Peça final

5.4 A simbiose entre o trabalho manual e o trabalho robótico

O projeto de talha desenvolvido neste trabalho explora a interseção entre o saber-fazer artesanal e as tecnologias de fabricação digital, refletindo o diálogo entre tradição e inovação. A produção da talha envolve, tradicionalmente, trabalho manual altamente especializado, no qual o artesão aplica técnicas, manipulando ferramentas de corte para criar relevos e padrões complexos. Este processo é caracterizado pela expressão, variação e o sensorial que resultam da interação direta com o material, conferindo à peça uma dimensão cultural e estética

A introdução de robótica avançada, através de braços robóticos de múltiplos eixos, oferece uma alternativa que permite reproduzir geometrias complexas com elevada liberdade cinética. A programação de trajetórias de ferramenta em 5 ou 6 eixos possibilita cortes e relevos que se aproximam das capacidades manuais, mas com maior consistência e repetibilidade (Khoshnevis, 2004). Contudo, este tipo de produção apresenta desafios significativos: exige modelação digital detalhada, programação avançada, calibração precisa da ferramenta e monitorização constante, bem como conhecimento especializado em softwares de robótica como RoboDK, Grasshopper com KUKA|prc ou ABB RobotStudio (Boehm et al., 2011). Além disso, o investimento em equipamento e tempo de preparação pode ser elevado, especialmente em contexto académico ou experimental.

O uso de CNC (Controle Numérico Computorizado) constitui uma alternativa viável que mantém precisão e repetibilidade, embora com limitações em termos de liberdade geométrica em comparação com robótica. A geração de trajetórias de corte é mais direta e acessível, utilizando softwares CAM convencionais, o que reduz a complexidade técnica e os riscos de falha (Lipson & Kurman, 2013). No contexto de um projeto académico, a CNC permite validar formalmente o design da talha, mantendo a fidelidade aos padrões e relevos originais e possibilitando a produção de protótipos com menor custo e tempo.

Enquanto a produção mecanizada assegura consistência, repetibilidade e eficiência, o trabalho manual preserva expressão e autenticidade cultural. A abordagem híbrida, combinando artesanato e tecnologias digitais, e surge como uma solução estratégica para este projeto: o trabalho manual pode introduzir detalhes sensoriais e interpretativos, enquanto a CNC ou robótica asseguram precisão, complexidade e viabilidade produtiva (Gershenfeld, 2005; Bogue, 2018).

Este equilíbrio entre tradição e inovação permite que a talha seja reinterpretada de forma contemporânea, respeitando o legado artesanal, mas explorando novas possibilidades de design, produção e personalização. Por exemplo, a robótica ou CNC podem reproduzir motivos complexos que seriam demorados ou difíceis de executar manualmente, enquanto o artesão pode aplicar acabamentos, retoques e ajustes sensíveis que conferem caráter e autenticidade à peça final.

A integração de produção manual, CNC e robótica no projeto de talha demonstra que a tradição artesanal e a fabricação digital não são mutuamente exclusivas, mas complementares. O trabalho manual preserva a expressão cultural e o valor simbólico da técnica, enquanto a mecanização oferece precisão, escalabilidade e experimentação formal, possibilitando protótipos viáveis em contexto acadêmico e abrindo caminhos para futuras aplicações comerciais e artísticas (Lipson & Kurman, 2013; Khoshnevis, 2004). A adoção de uma abordagem híbrida revela, portanto, o potencial de coexistência entre saber-fazer tradicional e tecnologias digitais, reforçando a relevância da talha no design contemporâneo.

No contexto da talha, a mão humana representa não apenas o instrumento físico de execução, mas também o veículo do conhecimento acumulado, sensibilidade e intuição do artesão. Cada corte, cada relevo e cada transição entre superfícies reflete decisões tomadas em tempo real, adaptando-se às nuances da madeira, às pequenas variações na densidade do material e à interpretação artística do desenho. Esta capacidade de resposta imediata e de adaptação é algo que nenhum sistema mecânico consegue reproduzir plenamente, conferindo à peça final uma dimensão expressiva e cultural única (Bogue, 2018; Gershenfeld, 2005).

Por outro lado, a mão robótica, seja através de CNC ou de braços robóticos de múltiplos eixos, oferece precisão, repetibilidade e capacidade de executar geometrias complexas que seriam extremamente difíceis ou demoradas de reproduzir manualmente. A mão robótica não substitui a criatividade do artesão, mas atua como uma extensão tecnológica que amplifica a capacidade de concretizar designs complexos, mantendo fidelidade às dimensões, profundidades e padrões planejados digitalmente (Khoshnevis, 2004; Lipson & Kurman, 2013).

A verdadeira inovação do projeto reside na simbiose entre essas duas mãos. Ao combinar a precisão e consistência da mão robótica com a expressividade e sensibilidade da mão humana, é possível criar um processo de produção híbrido em que cada parte do objeto é enriquecida por qualidades complementares. A mão robótica pode ser utilizada para esculpir padrões complexos e preparar a peça com exatidão, enquanto o artesão intervém posteriormente para refinar detalhes, aplicar acabamentos e ajustar imperfeições, garantindo que o caráter sensorial e cultural da talha seja preservado (Gershenfeld, 2005; Bogue, 2018).

Esta interação entre humano e máquina não deve ser interpretada como uma simples divisão de tarefas, mas como uma parceria dinâmica. O projeto de talha propõe que a mão humana dialogue com a mão robótica, explorando oportunidades que surgem do confronto entre o gesto artesanal e o movimento mecanizado. Cada intervenção manual sobre o protótipo mecanizado adiciona camadas de significado e valor artístico, enquanto cada operação robótica permite que o projeto alcance níveis de complexidade e precisão que seriam impossíveis de alcançar apenas com mãos humanas (Lipson & Kurman, 2013).

Em termos conceituais, esta dualidade reforça a essência do projeto: a coexistência entre tradição e inovação, em que a técnica artesanal se mantém viva e atualizada através da integração consciente das tecnologias digitais. O resultado é um objeto que não apenas reproduz motivos históricos da talha, mas que também evidencia a complementaridade entre a criatividade humana e a capacidade técnica da robótica, abrindo caminho para futuras explorações de produção híbrida, personalização e inovação formal (Khoshnevis, 2004; Bogue, 2018).

O desenvolvimento futuro deste projeto pode orientar-se para a preservação da técnica tradicional da talha, mantendo ao mesmo tempo a sua atualização e relevância no contexto contemporâneo do design digital. Um caminho promissor seria a criação de uma plataforma digital interativa, na qual os motivos clássicos da talha fossem organizados numa base de dados tridimensional paramétrica, permitindo aos utilizadores selecionar, combinar e personalizar painéis, criando composições únicas sem comprometer a integridade formal da técnica (Gershenfeld, 2005; Lipson & Kurman, 2013).

A implementação desta abordagem poderia ocorrer em várias fases complementares. Primeiramente, seria necessária a digitalização sistemática dos motivos de talha, transformando-os em modelos 3D detalhados que preservem volumetria, relevos e proporções originais. Este processo não só garante fidelidade histórica, como também possibilita manipulações paramétricas, permitindo ajustes de escala, profundidade ou arranjo dos elementos sem perda de expressividade (Boehm et al., 2011). Em segundo lugar, o desenvolvimento de uma interface digital intuitiva permitiria aos utilizadores explorar, combinar e reorganizar padrões de forma interativa, oferecendo uma experiência educativa e criativa, enquanto promove a compreensão da riqueza cultural da talha (Lipson & Kurman, 2013).

A produção mecanizada constitui a fase seguinte, podendo ser realizada por CNC ou braços robóticos. Embora a CNC ofereça elevada precisão e repetibilidade, a robótica permitiria maior liberdade geométrica, aproximando-se da complexidade e dos gestos manuais da talha tradicional (Khoshnevis, 2004; Bogue, 2018). Esta combinação mantém a dimensão híbrida do projeto, integrando saber-fazer artesanal e fabricação digital, e permite a produção sob demanda de painéis únicos ou séries limitadas, adaptáveis a diferentes contextos arquitetónicos ou decorativos.

Para além da personalização e produção mecânica, o projeto poderia evoluir para incorporar algoritmos de geração procedural e inteligência artificial, capazes de sugerir combinações inéditas de motivos a partir do repertório histórico da talha. Esta abordagem não só ampliaria a criatividade disponível para o utilizador, como também exploraria novas formas de interação entre tradição e inovação tecnológica, criando um

espaço onde a cultura artesanal e o design contemporâneo se encontram de forma significativa (Gershenfeld, 2005).

Por fim, a dimensão futura do projeto poderia expandir-se para plataformas colaborativas, em que diferentes utilizadores contribuíssem para a evolução do repertório de padrões, promovendo o diálogo entre saberes históricos, estética contemporânea e inovação digital. Este modelo apoiaria a difusão cultural da talha, enquanto garante a sua preservação técnica e formal. Assim, o projeto não apenas materializa uma peça física, mas também estabelece um ecossistema de criação, experimentação e aprendizagem, demonstrando que a talha pode ser relevante e dinâmica no contexto do design atual (Lipson & Kurman, 2013; Bogue, 2018).

Em síntese, o futuro do projeto reside na convergência entre tradição, inovação e personalização digital, mostrando que a talha não é apenas um vestígio histórico, mas um campo vivo de exploração criativa, adaptável às novas tecnologias e aberto a múltiplas interpretações e usos contemporâneos.

O desenvolvimento futuro deste projeto pode orientar-se para a preservação da técnica tradicional da talha, mantendo ao mesmo tempo a sua atualização e relevância no contexto contemporâneo do design digital. Um caminho promissor seria a criação de uma plataforma digital interativa, na qual os motivos clássicos da talha fossem organizados numa base de dados tridimensional paramétrica, permitindo aos utilizadores selecionar, combinar e personalizar painéis, criando composições únicas sem comprometer a integridade formal da técnica (Gershenfeld, 2005; Lipson & Kurman, 2013).

A implementação desta abordagem poderia ocorrer em várias fases complementares. Primeiramente, seria necessária a digitalização sistemática dos motivos de talha, transformando-os em modelos 3D detalhados que preservem volumetria, relevos e proporções originais. Este processo não só garante fidelidade histórica, como também possibilita manipulações paramétricas, permitindo ajustes de escala, profundidade ou arranjo dos elementos sem perda de expressividade (Boehm et al., 2011). Em segundo lugar, o desenvolvimento de uma interface digital intuitiva permitiria aos utilizadores explorar, combinar e reorganizar padrões de forma interativa, oferecendo uma

experiência educativa e criativa, enquanto promove a compreensão da riqueza cultural da talha (Lipson & Kurman, 2013).

A produção mecanizada constitui a fase seguinte, podendo ser realizada por CNC ou braços robóticos. Embora a CNC ofereça elevada precisão e repetibilidade, a robótica permitiria maior liberdade geométrica, aproximando-se da complexidade e dos gestos manuais da talha tradicional (Khoshnevis, 2004; Bogue, 2018). Esta combinação mantém a dimensão híbrida do projeto, integrando saber-fazer artesanal e fabricação digital, e permite a produção sob demanda de painéis únicos ou séries limitadas, adaptáveis a diferentes contextos arquitetónicos ou decorativos.

Para além da personalização e produção mecânica, o projeto poderia evoluir para incorporar algoritmos e inteligência artificial, capazes de sugerir combinações inéditas de motivos a partir do repertório histórico da talha. Esta abordagem não só ampliaria a criatividade disponível para o utilizador, como também exploraria novas formas de interação entre tradição e inovação tecnológica, criando um espaço onde a cultura artesanal e o design contemporâneo se encontram de forma significativa (Gershenfeld, 2005).

Por fim, a dimensão futura do projeto poderia expandir-se para plataformas colaborativas, em que diferentes utilizadores contribuíssem para a evolução do repertório de padrões, promovendo o diálogo entre saberes históricos, estética contemporânea e inovação digital. Este modelo apoiaria a difusão cultural da talha, enquanto garante a sua preservação técnica e formal. Assim, o projeto não apenas materializa uma peça física, mas também estabelece um ecossistema de criação, experimentação e aprendizagem, demonstrando que a talha pode ser relevante e dinâmica no contexto do design atual (Lipson & Kurman, 2013; Bogue, 2018).

Em síntese, o futuro do projeto reside na convergência entre tradição, inovação e personalização digital, mostrando que a talha não é apenas um vestígio histórico, mas um campo vivo de exploração criativa, adaptável às novas tecnologias e aberto a múltiplas interpretações e usos contemporâneos.

6. Reflexões futuras:

Assim como o título do projeto refere, o objetivo primário era conseguir desenvolver uma reinterpretação da técnica artesanal de talha em madeira, neste caso uma reinterpretação contemporânea. O desenvolvimento desta reinterpretação foi explorado através de uma dualidade, a da tecnologia e da produção artesanal, o permitiu que o projeto assumisse uma produção híbrida.

Para obter este resultado foi conduzida uma investigação, que teve como passos iniciais fazer a distinção entre escultura de talha e a talha em si, ou seja, entender as nomenclaturas da talha, já que frequentemente na literatura sobre o tema estas são referidas em conjunto, concluindo que a talha é um subconjunto da escultura. A talha é por esse motivo uma parte integrante do objeto e a escultura é um objeto completo. Seguiu-se a descoberta das gramáticas ornamentais, e os temas que a talha representa, isso contribuiu para um melhor entendimento das linhas e formas de base de desenho que a talha tem.

Posto isto, a investigação focou-se em entender qual a melhor tecnologia para agregar o trabalho artesanal, ou seja que tipo de equipamento conseguiria de forma mais orgânica produzir parte do objeto, para que posteriormente os detalhes que este não consegue produzir, pudessem ser acrescentados pela mão humana, e diante de várias pesquisas, a robótica foi a opção que mais se fundia com o trabalho artesanal, devido a sua liberdade de movimento que outros equipamentos que operam apenas em alguns eixos não permitem. Pode dizer-se que o maior resultado deste projeto foi conseguir que um tipo de trabalho não ficasse desvalorizado face ao outro, nem a máquina e nem a mão, dando valor a uma técnica tradicional que se pode vir a perder caso estas reinterpretações não comecem a ser mais frequentes no design.

7. Considerações finais:

Ao longo deste projeto, mais do que o produto ou objeto que deste pudesse surgir, objetivo principal era conseguir dar um novo valor a uma técnica artesanal que se tem vindo a perder, valorizar um processo manual trazendo-o para um contexto atual. Torná-lo contemporâneo, mas não perder a sua essência ou as suas características, e sobretudo entender que uso de uma tecnologia não substitui um processo manual e nem o oposto, cada um deles pode coexistir e ter um papel definido dentro de um mesmo projeto, considero que de futuro, no design deva existir um compromisso de equilíbrio entre ambos. A experiência demonstrou que é possível criar uma ponte entre o manual e o digital, entre o saber-fazer do artesão e as ferramentas tecnológicas modernas. Recursos como modelação 3D, softwares paramétricos e sistemas robóticos de fresagem não substituem a delicadeza e a sensibilidade do toque humano; antes, complementam e expandem o potencial criativo, permitindo explorar formas, texturas e complexidades que seriam muito difíceis de alcançar apenas de forma manual. Este equilíbrio evidencia que a tecnologia e a tradição não são opostas, mas elementos que podem coexistir e enriquecer-se mutuamente, cada um com o seu papel claramente definido. Além disso, o projeto reforça a dimensão sustentável e cultural do design. A valorização de técnicas artesanais permite criar produtos únicos, duradouros e culturalmente significativos, oferecendo alternativas mais conscientes à produção industrial massificada. Ao mesmo tempo, a integração tecnológica abre portas para inovação, precisão e novas possibilidades formais, ampliando o horizonte da expressão artística e funcional na madeira. Em termos de aprendizagem e desenvolvimento, este projeto sublinha a importância de uma abordagem híbrida no design, onde o respeito pelo passado se combina com a experimentação contemporânea. Mais do que criar objetos, trata-se de preservar conhecimento, reinterpretar processos e explorar a interação entre tradição e inovação. O trabalho reforça a convicção de que o futuro do design passa pelo equilíbrio entre o humano e o tecnológico, valorizando o processo artesanal, promovendo a criatividade e garantindo que as técnicas tradicionais continuem vivas, mas adaptadas aos novos contextos e exigências contemporâneas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albano, I. M. C. S. (2024). *Técnicas decorativas em escultura de madeira de arte sacra: Caso de estudo de Santa Ana e S. Joaquim* (Dissertação de mestrado). (“Técnicas decorativas em escultura de madeira de arte sacra”) Universidade Católica Portuguesa. Visitado a 27 de maio de 2025, em <http://hdl.handle.net/10400.14/44223>
- Amado, J. (2005). *A talha barroca em Portugal: Formas, funções e significados*. Instituto Português do Património Arquitectónico.
- ArchDaily. (2023). *Craft and digital fabrication: Dialogues between tradition and technology*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://www.archdaily.com>
- ArchDaily Brasil. (n.d.). *Da tradição à inovação: como as tecnologias modernas estão transformando o potencial da madeira*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://www.archdaily.com.br/br/1007174/da-tradicao-a-inovacao-como-as-tecnologias-modernas-estao-transformando-o-potencial-da-madeira>
- Artes e Artes. (2024). *A arte da talha: Tradição e modernidade em Portugal*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://www.arteseartes.info/talha/>
- Barata, C. S. S. (2008). *Caracterização de materiais e de técnicas de policromia da escultura portuguesa sobre madeira de produção erudita e de produção popular da Época Barroca* (Dissertação de mestrado). Universidade de Lisboa. Visitado a 27 de maio de 2025, em <http://hdl.handle.net/10451/1243>
- Bianchini, C., Pollini, A., & Maffei, S. (2021). Heritage, craft and digital fabrication: An integrated design approach. *The Design Journal*, 24(4), 569–586. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://doi.org/10.1080/14606925.2021.1914765>
- Bianconi, F., & Filippucci, M. (2019). *Digital wood design: Innovative techniques of representation in wood structures*. Springer.
- Boardman, J. (1994). *The diffusion of classical art in antiquity*. Princeton University Press.

- Bogue, R. (2018). Robotics in architecture: Current and future trends. *Industrial Robot*, 45(6), 601–609. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://doi.org/10.1108/IR-03-2018-0060>
- Bohrer, A. F. (2015). *A talha do estilo nacional português em Minas Gerais: Contexto sociocultural e produção artística* (Tese de doutorado). (“Barroco em movimento. Portugal e Brasil e a construção de um novo olhar”) Universidade Federal de Minas Gerais. Visitado a 27 de maio de 2025, em <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9VDQXT>
- Blog de Decoração. (n.d.). *A arte da escultura em madeira talhada e as suas técnicas tradicionais*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://blogdecoracao.biz/arte-escultura-madeira-talhada-tecnicas-tradicionais/>
- Boehm, J., et al. (2011). *Digital fabrication in architecture, engineering and construction*. Springer.
- Brugnaro, G. (2020). Adaptive robotic carving. *ResearchGate*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://www.researchgate.net/publication/343146006>
- Brusadin, L. S. P., & Quites, M. R. E. (2017). A técnica da escultura em madeira com máscara de chumbo policromada: A contingência dos Cristos da Paixão da Ordem Terceira do Carmo de Ouro Preto (MG). *Revista Concinnitas*, 2(29), 67–95. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/concinnitas/article/view/29127>
- British Museum. (n.d.). *Collection online*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://www.britishmuseum.org/collection>
- Camí, J., Teixidó i Camí, J., & Santamera, J. (1997). *A talha: Escultura em madeira*. Editorial Estampa.
- Camille, M. (1996). *Gothic art: Glorious visions*. Harry N. Abrams.
- Campos, J. C. G. (2016). *Fabricação robótica em arquitetura: Princípios, processos e aplicações* (Dissertação de mestrado). Universidade do Porto. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://hdl.handle.net/10216/87253>

Carvalho, M. J. V. de, & Pessoa, J. (2004). *Escultura: Artes Plásticas e Artes Decorativas*. Instituto Português de Museus. Visitado a 27 de maio de 2025, em

<https://www.iber museos.org/wp-content/uploads/2020/05/ap-ad-escultura.pdf>

Carvalho, M. M. P. de. (2019). *Interação entre design e artesanato no mobiliário contemporâneo brasileiro: Consideração sobre três móveis de madeira* (Tese de doutorado). (“Interação entre design e artesanato no mobiliário contemporâneo ...”)

Universidade de Brasília. Visitado a 27 de maio de 2025, em

<http://repositorio.unb.br/handle/10482/35039>

Cerdeira – Home for Creativity. (2023, outubro 27). *Ferramentas e materiais essenciais para a talha em madeira*. Visitado a 27 de maio de 2025, em

<https://www.cerdeirahomeforcreativity.com/blog/2023/10/27-talha-madeira-materiais/>

Conceito. (2024). *Talha – O que é, técnicas, conceito e definição*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://conceito.de/talha>

DW. (2020). *Interseção de referenciais teóricos sobre artesanato e design visando ações para o desenvolvimento de identidades locais*. Visitado a 27 de maio de 2025, em

<https://dwsemanadedesign.com.br/intersecao-de-referenciais-teoricos-sobre-artesanato-e-design-visando-aco-es-para-o-desenvolvimento-de-identidades-locais/>

Ferreira, A. (2021). *A talha em madeira no contexto europeu e português*. Universidade de Lisboa.

Ferreira, S. (2021). A talha barroca entre Lisboa e S. Jorge: O caso da igreja de Santa Bárbara de Manadas. *Cadernos ACROARTE Arte & Património*, 35–66.

Fortuna, J. (2019). "The art and process of wood carving as a meaningful occupation." (“The Art and Process of Wood Carving as a - ProQuest”) *The Open Journal of Occupational Therapy*, 7(2). Visitado a 27 de maio de 2025, em

<https://doi.org/10.15453/2168-6408.1616>

Gershenfeld, N. (2005). *Fab: The coming revolution on your desktop—from personal computers to personal fabrication*. Basic Books.

- Góis, A. J. F. (2020). *Interpretando a talha barroca*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://docplayer.com.br/33307015-Interpretando-a-talha-barroca.html>
- Gonçalves, F. J. (2014). *A madeira na escultura* (Dissertação de mestrado). Universidade de Lisboa. Visitado a 27 de maio de 2025, em <http://hdl.handle.net/10451/11988>
- Gramazio, F., & Kohler, M. (2013). *Crafting the façade: Stone, brick, wood*. Park Books.
- Gramazio, F., & Kohler, M. (2014). *The robotic touch: How robots change architecture*. Park Books.
- Gulbenkian. (2024). *A talha em Portugal*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://gulbenkian.pt/biblioteca-arte/collection/a-talha-em-portugal/>
- Hansmeyer, M., & Dillenburger, B. (2013). *Digital grotesque*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <http://www.digital-grotesque.com>
- IEEE Robotics. (2021). Human-robot interaction in artisanal practices: Exploring robotic collaboration in creative processes, including carving and sculpture. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 6(2), 3056–3063.
- Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. (n.d.). *Guia de arte sacra*. Visitado a 27 de maio de 2025, em https://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/guia_arte_sacra.pdf
- Killen, G. (1994). *Wood in ancient Egypt*. Aris & Phillips.
- Khoshnevis, B. (2004). Automated construction by contour crafting: Related robotics and information technologies. (“doi:10.1016/j.autcon.2003.08.012 - Princeton University”) *Automation in Construction*, 13(1), 5–19. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2003.08.012>
- KUKA. (2021). *KUKA/prc – Parametric robot control*.
- Lau, C., & Millette, J. (2018). Crafting futures: The role of digital technologies in traditional making. *Journal of Design History*, 31(3), 233–246. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://doi.org/10.1093/jdh/epx045>
- Lipson, H., & Kurman, H. (2013). *Fabricated: The new world of 3D printing*. John Wiley & Sons.

- MAPFRE Global Risks. (n.d.). *Robótica e 3D: Automatização no processo de infraestruturas*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://www.mapfreglobalrisks.com/pt-br/gerencia-riscos-seguros/estudos/robotica-e-3d-automatizacao-no-processo-de-infraestruturas/>
- Melo, M. M. (2020). *A talha da fase final do barroco e a escola regional do Alto Minho: O caso da Ordem Terceira de Ponte de Lima*. CEPESSE. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://www.cepese.pt/...>
- Menges, A., Reichert, S., Krieg, O. D., & Kayser, M. (2020). *ICD/ITKE Research Pavilion 2019–2020*. University of Stuttgart. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://www.icd.uni-stuttgart.de>
- Menges, A., Reichert, S., Krieg, O. D., & Kayser, M. (2020). *Robotic fabrication in architecture, art and design*. Springer.
- Metropolitan Museum of Art. (n.d.). *The collection*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://www.metmuseum.org/art/collection>
- Moraes, M. (2019). "Arte e ciência: O triunfo do ilusionismo na arte barroca." ("ARTE E CIÊNCIA: o triunfo do ilusionismo na arte barroca") ("AAT Source Record (Getty Research)") *Revista Teatro*, 12(1), 45–67. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://periodicos.ufba.br/index.php/revteatro/article/view/4664>
- Nóbrega, C. M. da. (2006). *Automação e robótica na construção civil*. Universidade de Brasília. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/1885>
- Oxford University Press. (n.d.). *Grove Art Online*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://www.oxfordartonline.com>
- Peixoto, R. M. de F. T. (2012). *Conservação e restauro da escultura sobre madeira policromada de S. Francisco de Assis de Machado de Castro* (Dissertação de mestrado). Universidade Católica Portuguesa. Visitado a 27 de maio de 2025, em <http://hdl.handle.net/10400.14/16478>
- Pereira, P. (1998). *A arte portuguesa: Do maneirismo ao barroco*. Editorial Presença.

- Pereira, P. (2018). *História da arte portuguesa: Do manuelino ao barroco*. Círculo de Leitores.
- Piçarra, A. (n.d.). *Conhecimento no talhe* (Tese de mestrado). Universidade de Lisboa. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/41287>
- Repositório Aberto da Universidade do Porto. (n.d.). *A arte da talha em madeira em Portugal: Novas perspectivas*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/147694>
- Rodrigues, A. (2011). *A talha dourada em Portugal: História e património*. Campo das Letras.
- RTP. (2024). *A talha no século XVIII*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://arquivos.rtp.pt>
- Sad Júnior, J. H. G. (2018). *As tarjas de arco cruzeiro das paróquias mineiras setecentistas: Forma e significado* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Visitado a 27 de maio de 2025, em <http://hdl.handle.net/1843/30230>
- Santos, M. (2016). *Oficinas de talha no Norte de Portugal: Persistência e tradição*. Universidade do Minho.
- Santos, M. A. (2011). *Talha dourada em Portugal: Técnica, arte e simbologia* (Dissertação de mestrado). Universidade do Porto.
- Santos, V. A. (2021). *Pensar e fazer em madeira: Um estudo sobre conceitos e práticas de trabalhos tridimensionais em madeira a partir de Martin Puryear e Veio* (Tese de doutorado). (“PENSAR E FAZER EM MADEIRA. Um estudo sobre conceitos e práticas de ...”) Universidade Estadual de Campinas.
- Sereno, I. (Coord.). (2016). *Talha dourada em Portugal: Arte e técnica*. Direção-Geral do Património Cultural.
- Serrão, V. (2003). *História da arte em Portugal: O Barroco*. Editorial Estampa.
- Silva, A. (n.d.). *Automação e robótica na construção civil*. Universidade do Porto. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/87253>

Sousa, A. C., & Santos, M. P. (2022). A forma do tempo na arte da talha: Os estudos de caso da igreja de Santa Clara do Porto e da paróquia de São João Baptista da Foz do Douro. *Direção Geral de Cultura Norte, Ministério da Cultura*.

Universidade Católica Portuguesa. (n.d.). *História, Materiais e Tecnologias III (Madeira e Talha)*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://artes.porto.ucp.pt>

Universidade de Lisboa. (n.d.). *Apontamentos sobre escultura em madeira*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/28550>

Wilkinson, R. H. (2003). *The complete gods and goddesses of ancient Egypt*. Thames & Hudson.

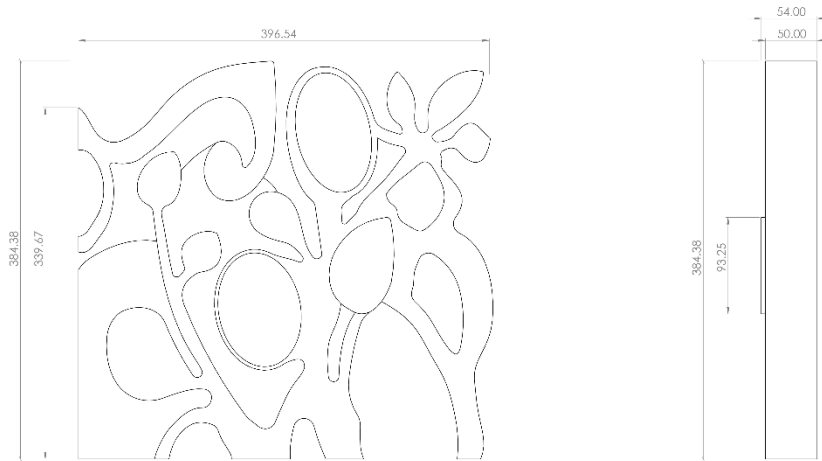
Wikipédia. (2021). *Talhadeira*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Talhadeira>

Wikipédia. (2024). *Serrote*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Serrote>

Wikipédia. (2025). *Plaina*. Visitado a 27 de maio de 2025, em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Plaina>

ANEXOS

Anexo A- Desenho técnico



Desenho técnico feito à escala 1:2.