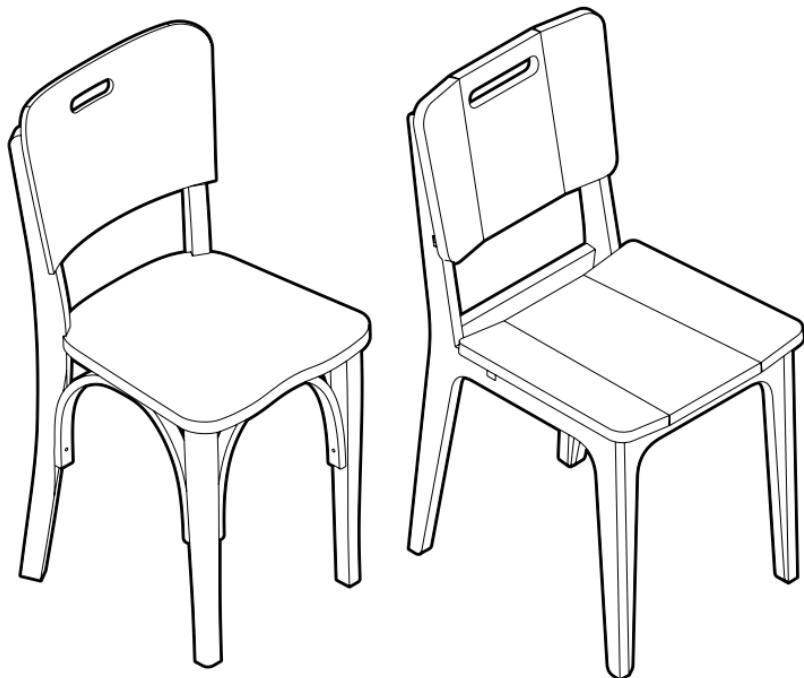


Cadeira 101

**Design Paramétrico e Fabricação Digital
Aplidados a releitura da CIMO 1001**



Universidade de São Paulo
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Cadeira 101

**Design Paramétrico e Fabricação Digital
Aplidados a releitura da CIMO 1001**

Rafael Muto Nagahama

TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO APRESENTADO AO
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ORIENTAÇÃO

**Prof. Dr. Paulo Eduardo
Fonseca de Campos**

SÃO PAULO, 2017

Resumo

Nesse trabalho procurei explorar duas tecnologias relativamente recentes: o design paramétrico e a fabricação digital; como objeto de estudo, foquei-me no desenho e na produção da cadeira 101. Buscando uma fundamentação histórica ao projeto, referenciei o design desse estudo em um modelo clássico: CIMO 1001, primeira cadeira fabricada em série no mobiliário brasileiro.

Palavras-chave: cadeira CIMO 1001, design paramétrico, fabricação digital, mobiliário brasileiro.

Sumário

Introdução	8
Metodologia	9
1. A industria moveleira do Brasil no inicio do séc. XX e a Cadeira Cimo 1001	11
1.1. Anatomia da Cadeira CIMO 1001	19
2. Ergonômia de Cadeiras	24
2.1. Morfologia da Cadeira	25
3. Fabricação Digital	28
3.1. Técnologias CNC	30
4. Design Paramétrico	32
4.1. Metodologia do Design Paramétrico	34
5. Analise de Projetos Existentes	37
5.1. Processo de Análise	44
6. O Projeto da Cadeira 101	46
6.1. Histórico do Projeto	54
6.2. A cadeira CIMO 1001 & a cadeira 101	57
7. Considerações Finais	58
Referências Bibliograficas	60
Índice de imagens	62

Introdução

Com a popularização de tecnologias como o design paramétrico e fabricação digital, surgiu a possibilidade de repensar a produção de bens de consumo como os conhecemos. Da mesma forma como a revolução industrial foi uma grande mudança na forma como construímos o mundo, a ascensão de ferramentas digitais tem o potencial de começar uma nova mudança de paradigmas. Uma possibilidade descentralizada que empodera designers, produtores e consumidores.

Procurando explorar essas novas possibilidades, o projeto da cadeira 101 se baseou no desenho da cadeira CIMO 1001, relacionando o projeto da primeira cadeira industrial do Brasil às novas tecnologias de design e produção.

Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho foi dividido em duas partes: a teórica e a prática. Na primeira etapa, foram desenvolvidas as bases teóricas e históricas para subsidiar a segunda: o projeto e fabricação da cadeira 101.

Durante a primeira parte da pesquisa, procurei analisar as bases históricas da indústria moveleira no Brasil, relevando as principais influências na passagem do antigo método artesanal de pouca abrangência para uma industrial em série capaz de atingir diferentes parcelas sociais. Faço uma análise da cadeira CIMO 1001, buscando de forma empírica a entender o projeto. A segunda parte trata sobre ergonomia, onde de forma objetiva verifiquei as normas e padrões ergonômicos das cadeiras segundo a ABNT e autoridades da área. Na terceira e última parte faço um levantamento das tecnologias, design paramétrico e fabricação digital, e dos projetos atuais nesse campo. Nessa etapa realizei análises em modelos físicos para embasar o meu projeto.

Na etapa prática, que seguiu concomitante a pesquisa teórica, desenvolvi o projeto paramétrico e fabriquei a cadeira 101 segundo os pontos relevados na pesquisa. Durante esse processo passei por diferentes versões do projeto e realizei uma série de modelos em escala até chegar ao móvel propriamente fabricado em madeira.

Seguindo essa estrutura, pude levantar as bases teóricas e experimentais para chegar a um projeto final executado, validando a pesquisa e os processos aplicados.



Fig.01: Cadeira com braço, por Fábrica de Cadeiras Sperandio Pellicciari, 1899.

1. A industria moveleira do Brasil no inicio do séc. XX e a Cadeira Cimo 1001

É importante entendermos o inicio da indústria moveleira no Brasil e a relevância de experiências que iniciaram esse movimento. Essas foram as bases industriais que separariam a produção artesanal da indústria moveleira que se formou nas primeiras décadas do séc. XX. Até então no Brasil a produção moveleira se resumia a copias de modelos europeus reproduzidos de forma artesanal. Figuravam moveis ornamentados e de montagem manual complexa, segundo Lucio Costa sobre a produção da época:

[...] a produção industrial, a princípio tolhida e preocupada em amoldar sua maneira simples e precisa ao gosto elaborado e difuso até então – torturando em arabescos caprichosos a madeira vergada das primeiras cadeiras “austríacas” e forrando de samambaias de ferro fundido o encosto dos bancos de jardim [...]” (COSTA, 1975/1939, p.144)

Na época indústrias voltadas para os segmentos de menor poder de compra não conseguiam aprimorar a qualidade dos projetos em função da demanda e necessidade de redução de preços (SANTI, 2013, p.139). Era comum a simplificação de detalhes e arabescos, presentes em moveis mais caros, em função da qualificação técnica dos artesãos, tempo de produção ou preço. Estes eram resumidos a peças torneadas e recortadas muito mais simples e rápidas de serem produzidas.



Fig.02: Cadeira de barbeiro giratória, séc. XIX



Fig.03: Cadeira de barbeiro fixa, séc. XIX



Fig.04: Cadeira Thonet, Michel Thonet, 1859
fabrica no Brasil pela Thonart, 1908

Porém com o inicio da Primeira Guerra Mundial e as consequentes interrupções na exportação de produtos da Europa começaram a surgir tentativas de suprir o mercado nacional. Nesse contexto temos três experiências importantes de produção em serie na indústria moveleira; a Cadeira Thonet (1859, Michael Thonet e fabricada no Brasil por Thonart Moveis Vergados S.A. em 1908), a Cama Patente (1915, Celso Martinez Carreira produzido por Indústrias Cama Patente L. Liscio S.A.) e a Cadeira CIMO no. 1001 (Moveis CIMO S.A., 1921/22), que foi explorada como referência para o exercício de projeto deste trabalho.

A Cadeira Thonet também conhecida como cadeira "austríaca" é projeto original de Michael Thonet em 1859. Referencia de produção seriada na Europa, foi fabricada no Brasil sob o nome da Thonart Moveis Vergados S.A. por João Gerdau. O modelo empregava a técnica de madeira vergada a quente e era montado em apenas cinco peças. O numero reduzido de partes e o desenho simples decorre da tecnologia empregada. O resultado é um móvel elegante, desprovido de motivos decorativos e adornos comuns no mobiliário da época e facilmente desmontável, o que facilitava o transporte e venda. A Cadeira Thonet seria produzida em larga escala em diversos países e ficaria conhecida por sua elegância e preço acessível. Sua influencia pode ser vista na indústria até hoje.

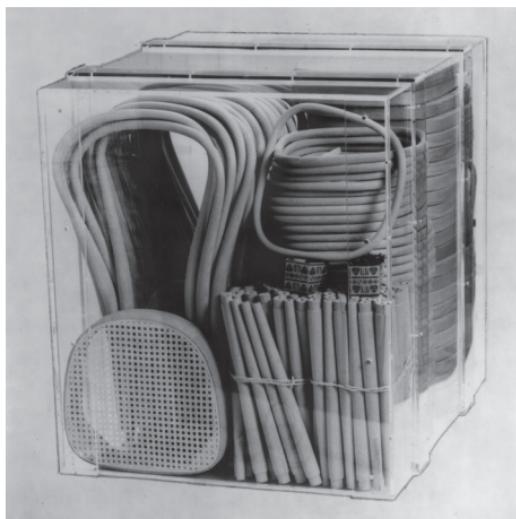


Fig.05: Empacotamento da cadeira thonet



Cama Patente projeto de Celso Martinez, 1915
produzida pela Ind. Camas Patente L. Liscio S.A.

O projeto da Cama Patente por Celso Martinez Carreira, 1915 foi baseado nas camas de ferro produzidas na Europa, porém fabricado em madeira. O modelo seria patenteado por Luiz Liscio e fabricado sob a Indústria Cama Patente L. Liscio S.A., nome pelo qual ficaria conhecido. A cama era composta de três componentes montados: o estrado, a peseira e a cabeceira unidos por ferragens que permitiam a sua desmontagem, facilitando o manuseio e embalagem para transporte. Como coloca Maria Loschiavo:

"A ausência de ornamentos não prejudica a beleza da peça, que é atribuída ao desenho, à coerência formal identificada com seu uso e ao material utilizado. A aparência não disfarça a lógica da produção mecanizada e da estrutura da peça." (SANTOS, 1995, p.31)

O projeto é dotado de linhas simples de secção circular feitas no torno, o que permitiu a padronização e fabricação em serie, barateando o produto. Por este motivo a Cama Patente seria adotada em diversos cenários; sendo acessível para o publico popular porem comum nos segmentos mais abastados e fora do segmento residencial; em hotéis, no exército, conventos e etc. O projeto não apresenta grande inovação técnica devido ao numero de peças e necessidade de colagem e técnicas mais tradicionais, porém não invalida sua importância como uma das precursores do móvel em serie no Brasil, como observa Maria Santi (SANTI, 2013, p.146).

A Cadeira Cimo no. 1001 começou a ser fabricada pela CIMO (na época ainda Industrias Reunidas de Madeiras A. Ehrl & cia.) entre os anos de 1921 e 1922, como o modelo no.4, e seria o carro-chefe da empresa até o seu final em meados dos anos 80, com o fim da empresa. A importância da cadeira se da por ser, juntamente com a Cama Patente e a Cadeira Thonet, uma das pioneiras na fabricação em serie pela indústria moveleira do Brasil. O projeto de autoria de Martin e Jorge Zipperer foi mediado por decisões racionais; como aproveitamento de matéria prima, desmontabilidade e numero reduzido de peças; o que facilitaria a produção em serie e distribuição no mercado. Sendo fabricada por mais de 50 anos e atingindo a marca de 30 mil peças por mês no seu auge.



Fig.06: cadeira CIMO no. 1001, 1922/23

A modelo tem sua origem na Cadeira no. 4 produzida sob a marca da IRM e sediada em Rio Negrinho – SC. A fabrica surgiu da ideia de diversificar a produção da serraria e fábrica de caixas utilizando as aparas de imbuia usadas. Desde o inicio a racionalidade dos projetos e a desmontabilidade foram pontos chave da empresa, diminuindo os custos e facilitando a produção e transporte dos móveis. Logo os modelos da IRM ganhariam mercado nos grandes centros urbanos, como São Paulo e Rio de Janeiro, mobiliando cinemas, igrejas, escritórios e também nas residências. Porém ainda havia margem para melhorias na produção e com o aumento da demanda, os irmãos Zipperer investiriam na compra de maquinas e conhecimento para laminação de madeira que na época só estavam disponíveis na Europa. A utilização da madeira laminada não era comum nos móveis brasileiros e seria marca do pioneirismo da empresa.

Com a nova técnica acontece um grande salto nos projetos da fabrica. O laminado de pinus e imbuia passaria a figurar em grande parte dos modelos da empresa, possibilitando uma redução ainda maior do número de peças e de matéria-prima usada. A implementação dessa tecnologia possibilitava a fabricação de chapas planas e curvadas que substituíam o uso de grandes peças de madeira maciça. E possibilitaria a fabricação em serie do assento e encosto curvos, que garantiam o conforto e ergonomia as peças.



Fig.07: Cadeiras n. 2, 3 e 4 do catálogo da IRM. Acervo Museu Municipal Carlos Lampe. Rio Negrinho-SC

A evolução do processo produtivo pode ser visto na Cadeira nº 1001 em 1930. Mostrando a passagem de uma concepção produtiva artesanal para uma industrial. É importante destacar a metodologia da produção no qual o investimento em maquinário e o leiaute da fábrica foram determinados pelo desenho do produto, sendo o modelo nº. 1001 um marco no processo de industrialização da indústria.

A cadeira 1001 seria o carro-chefe da empresa e seria fabricada até o final da empresa na década de 80, chegando a vender 30 mil unidades por mês no seu auge. Ela incorpora elementos de suas precursoras, como o desenho simples e sem adornos e a utilização de arcos vergados. Porém a utilização da madeira laminada permitiu a incorporação da curvatura do encosto e acento em sua produção de forma seriada. Esses fatores contribuíram para sua larga aceitação no mercado e seu longo período de venda, se tornando uma figura comum em residências e comércios por todo o Brasil.

Por ser icônica do ponto de vista estético, com um desenho simples e elegante, e seu pioneirismo na história da indústria moveleira no Brasil a Cadeira CIMO nº 1001 foi tomada como referência para esse estudo.

1.1. Anatomia da Cadeira CIMO 1001

A análise da cadeira se deu em duas etapas, na primeira foram realizadas medições, com trena e régua, e fotografias do móvel montado e das peças. Na segunda etapa as imagens foram trazidas para o computador e juntamente com medições individuais das partes com instrumentos mais precisos (paquímetro e transferidor de precisão) foi construído um modelo tridimensional da cadeira. Durante esse processo aspectos interessantes da construção puderam ser notados.

O projeto da cadeira CIMO 1001 continha nove partes em imbuia maciça e laminado de pinus e imbuia. Os elementos estruturais, pernas frontais e pernas traseiras/estrutura do encosto, eram feitos em peças maciças de imbuia ligadas ao assento laminado através de arcos delgados também em laminado vergado. O sistema era fixado através de 17 parafusos.

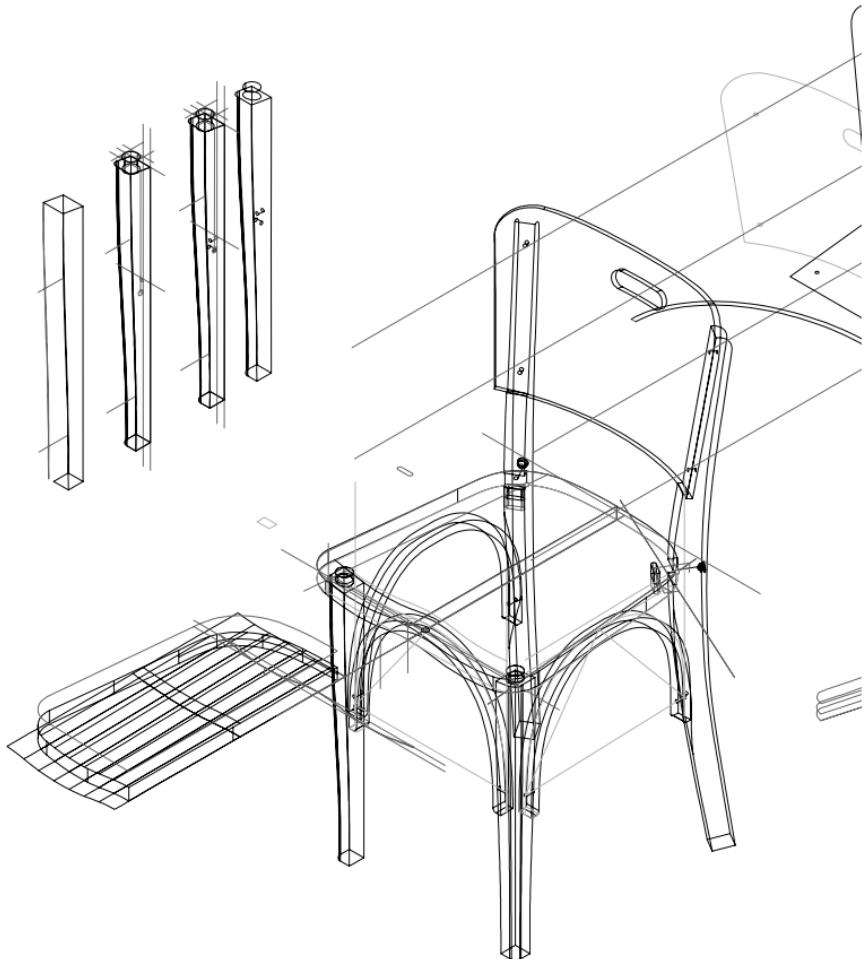
As pernas dianteiras eram fixadas no assento por encaixes cilíndricos torneados no topo dessas peças, solução que com o passar dos anos adquiria uma folga, fato pelo qual hoje em dia muitas unidades receberam remendos com pregos e parafusos através do assento. Outro ponto relevante são os arcos vergados que aparentemente eram fixados e parafusados em posição e uma vez fixados tomavam a forma da cadeira e não o contrário. Essa teoria foi levantada ao observar que os arcos de uma mesma cadeira possuíam furações e curvaturas ligeiramente diferentes, apesar da simetria do móvel, e não podiam ser intercambiados.

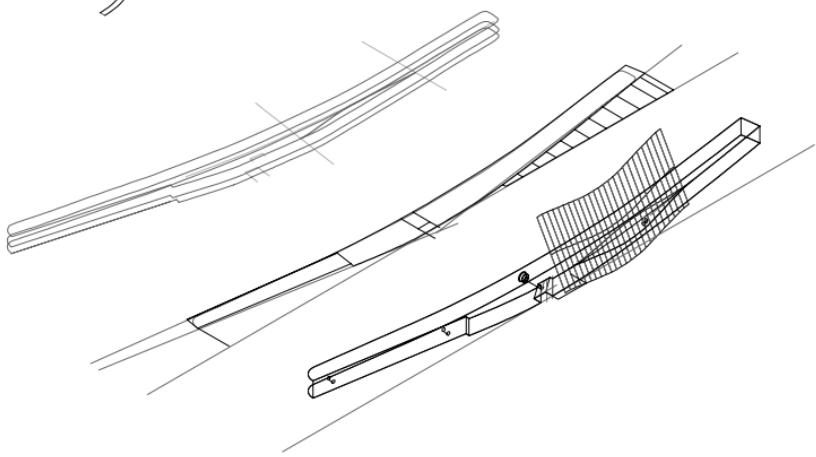
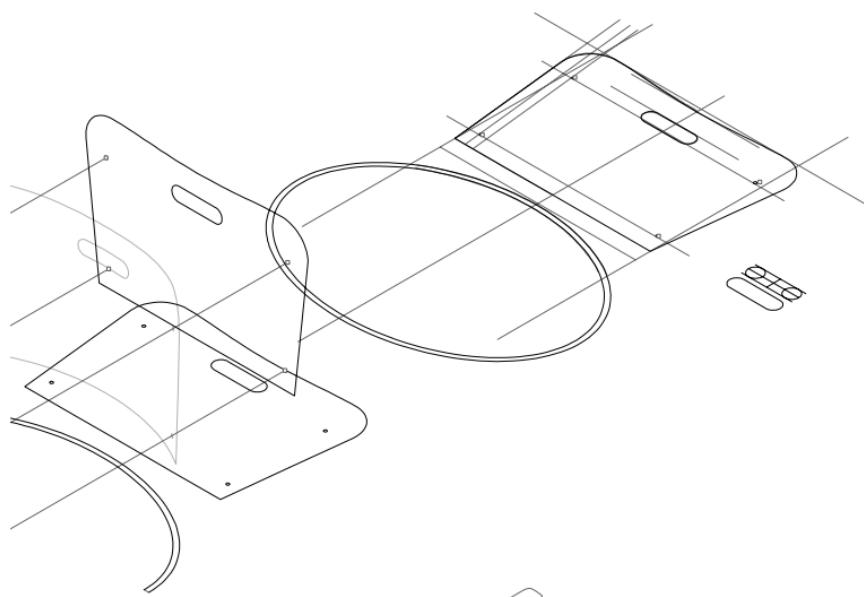
Um detalhe notável do projeto é a fixação da perna traseira e estrutura do encosto com o assento. Nesse ponto foi necessário um parafuso que penetraria no laminado paralelamente ao plano de laminação o que poderia causar descolamento das folhas de madeira. A solução encontrada foi a criação de um bolso na parte inferior do assento (que pode ser observado na vista isométrica) para acomodar a porca que liga as duas peças.

Um aspecto que foi notado durante a análise da cadeira foi certa inconsistência dimensional. Peças que deveriam ser simétricas apresentaram certa divergência. Apesar de tais diferenças medições puderam atestar um alto nível de sofisticação de formas e soluções, adequadas aos instrumentos produtivos disponíveis na época. Essas constatações indicam características da produção semimanual do modelo e testemunho da capacidade dos produtores.

1.1 Anatomia da Cadeira CIMO 1001

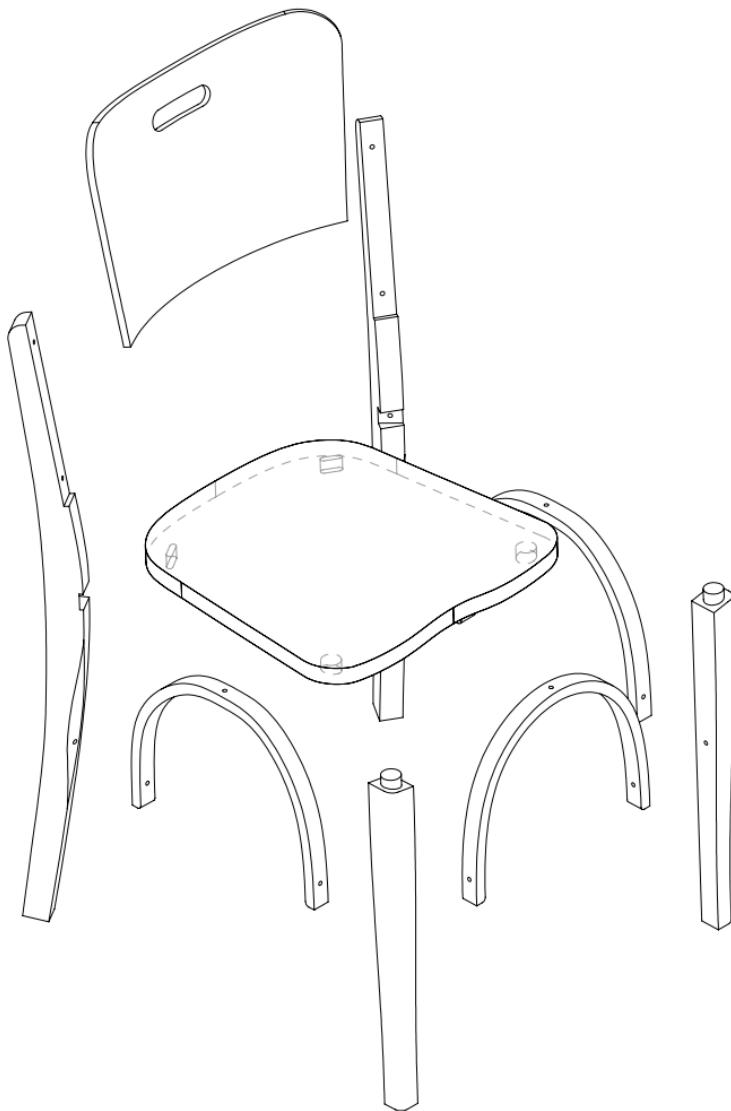
Processo de modelagem da cadeira CIMO 1001 no computador, mostrando as linhas de construção que foram utilizadas.

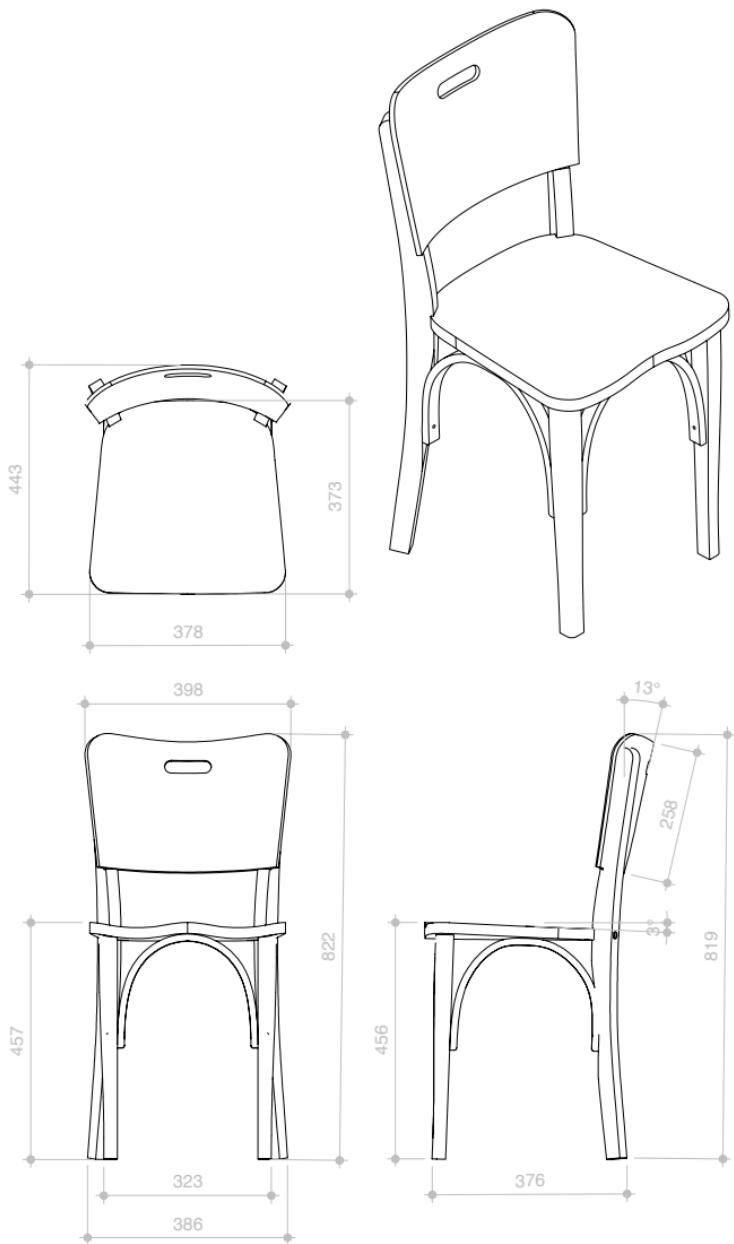




1.1 Anatomia da Cadeira CIMO 1001

modelo 3D final, com medidas aferidas a partir da cadeira original





2. Ergonomia de Cadeiras

Como coloca Itiro Iida, o homem moderno passa certa de 20 por dia sentado ou deitado, relevando a importância da ergonomia no mobiliário que nos rodeia. A escolha da cadeira para esse estudo vem de suas formas e proporções intimamente ligadas à anatomia humana, o arquétipo do design industrial, exploradas por diversos arquitetos e designers. Porem não existe uma definição operacional, universalmente aceita, do conforto uma vez que as características dos usuários e o uso mudam conforme as diferenças anatômicas, postura e usos diferem como coloca Lueder (1983 apud IIDA, 1993). Portanto não existe o mobiliário perfeito para todos e todos os usos, de forma que o projetista deve considerar a tarefa a ser desenvolvida para o móvel e o usuário alvo.

2.1. Morfologia da Cadeira

Ao se projetar o mobiliário devemos prever dois casos: o uso funcional; quando o móvel é utilizado conforme o programado e o uso não funcional; quando o projeto é solicitado em formas não programadas (ex.: usuário sentado sobre a mesa ou de pé em cima da cadeira). Para esses casos espera-se que o móvel aguente mantendo sua integridade estrutural em uso esporádico. Não tendo como o projetista prever todos esses usos, normalmente os estudos apontam no sentido de projetar com margens de segurança e durabilidade levando em consideração os principais usos não funcionais do móvel. Duas fontes relevantes foram utilizadas nesse estudo, Itiro lida em seu livro Ergonomia: Projeto e Produção (1993) e a NBR13962 Móveis para Escritório – Cadeiras.

Na questão do projeto de assentos, Itiro lida, releva cinco pontos importantes a serem considerados:

- I. Existe um assento mais adequado para cada tipo de função: não existe um tipo ideal de assento para todas as funções, mas aquele mais adequado para cada tipo de tarefa a ser realizada.
- II. As dimensões do assento devem ser adequadas às dimensões antropométricas: a altura crítica, ou altura poplítea (nome dado a região anatômica da parte "atrás" da articulação do joelho), da parte inferior da coxa à sola do pé determina a altura do assento. Permitindo boa distribuição do peso do tronco entre o assento e as pernas. A largura do assento deve ser compatível à largura torácica do usuário e o comprimento deve ser tal que o assento fique pelo menos 2 cm afastado da parte interna da perna.
- III. O assento deve permitir variação de postura: a cadeira deve permitir variação da postura do usuário de forma a aliviar a pressão sobre os discos vertebrais e tensão dos músculos. Assentos de forma anatômica, em que as nádegas se encaixam, permitem pouco movimento relativo e não são recomendados.
- IV. O encosto deve ajudar no relaxamento: o encosto deve fornecer suporte entre a 2a e 5a vértebra lombar permitindo maior liberdade de movimento ao tronco. Devido a curvatura da coluna na posição sentada esse suporte ocorre a aproximadamente 20 a 50 cm do assento, sendo recomendado um encosto de 30 cm de comprimento. O espaço livre entre o assento e o encosto é recomendado que fique livre para acomodar a curvatura da coluna com o usuário curvado para frente.
- V. Assento e mesa formam um conjunto integrado: a altura da mesa deve ficar aproximadamente na altura do cotovelo e deve existir ao menos 20cm para acomodar as pernas sob a mesa.

Na questão da postura de uso esperam-se duas posições dentro do uso programado: ereto, no qual a coluna se encontra na vertical e o tronco é sustentado pelos músculos dorsais, e a relaxada, aonde a coluna fica ligeiramente curvada para frente ou para trás.

A outra fonte a ser observada, a NBR13962/2002 Móveis para Escritório – Cadeiras, nos colocam medidas básicas da cadeira a serem seguidas. Esse dimensionamento baseia-se em medidas antropométricas e buscam um móvel ergonomicamente seguro. Compilando as recomendações da norma com os pontos relevados por lida obtemos as seguintes diretrizes de ergonomia que serão utilizadas no projeto deste estudo.

A = Altura da superfície do assento: 400 ~ 460 mm

A1 = Largura do assento: < 400 mm

A2 = Profundidade da superfície do assento: < 380 mm

A3 = Profundidade útil do assento: 380 ~ 460 mm

a = Angulo de inclinação do assento: -2° ~ -7°

B = Extensão vertical do encosto: < 240 mm

B1 = Altura do ponto X do encosto: 170 ~ 220 mm

B2 = Altura da borda superior do encosto: < 360 mm

B3 = Largura do encosto: < 305 mm

B4 = Raio de curvatura do encosto: 170 ~ 220 mm

O ponto X do encosto é definido como o ponto mais proeminente da superfície do encosto, o ponto que primeiro fará contato com as costas do usuário.

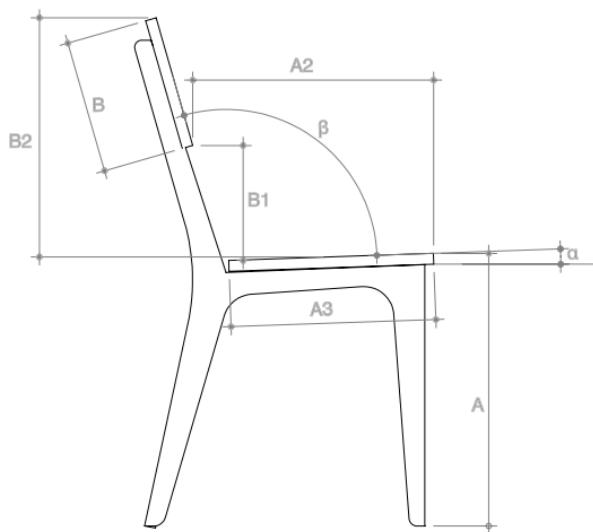
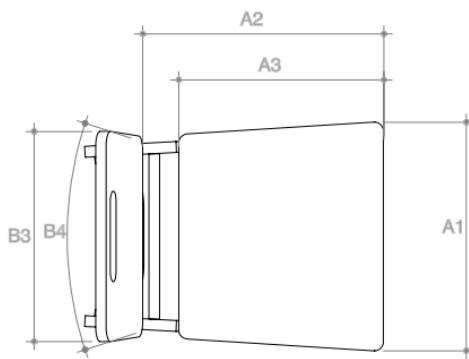


Diagrama ergonômico, cadeira genérica

3. Fabricação Digital

A questão da fabricação digital no cenário do mobiliário não constitui por si só uma novidade. Ferramentas CAM e CAD (computer-aided manufacturing e computer-aided design) são amplamente utilizadas na indústria em geral e na moveleira dentro e fora do Brasil. Porem com o barateamento e difusão de tecnologias CNC (as ferramentas de fabricação digital como as impressoras 3D, fresas CNC, cortadoras a laser e a jato d'água e etc.) abriu-se a oportunidade de um novo modelo de produção; a fabricação digital local. No modelo clássico os insumos e produtos são transportados de seu local de origem para seu destino e as decisões de produção são centralizadas na indústria. Nesse sistema a matéria-prima é extraída e beneficiada em um local (as vezes em mais de um), transportada para os centros industriais e finalmente o produto acabado chega ao consumidor final. A essa sequencia temos o agravante de que muitas vezes o local da extração da matéria-prima e o beneficiamento já se encontram distantes um do outro e ainda mais dos centros produtivos e do consumidor final, levando a um desperdício de recursos e custo que poderiam ser evitados.

A proposta de iniciativas, como o Open Design, propõem o uso da internet para o compartilhamento e colaboração em projetos de design. Segundo o autor do manifesto, Ronen Kadushin, sobre os preceitos da iniciativa:

1. *An Open Design is CAD information published online under a Creative Commons license to be downloaded, produced, copied and modified.*
2. *An Open Design product is produced directly from file by CNC machines and without special tooling. (Kadushin, Ronen. Open design manifesto. 2010. Disponível em: <<https://www.ronen-kadushin.com/open-design-manifesto>> Acessado em 16/09/2017)](imagens exemplo do open design)*

Ou seja, através da internet promover a livre distribuição e colaboração em projetos e tirando proveito das tecnologias CNC para fabricar os produtos acabados. Somando ao discurso de Kadushin temos empresas como a Opendesk (www.opendesk.cc) que promovem os ideais do open design ligando designers, produtores locais e consumidores. No modelo proposto por eles o consumidor escolhe no site dentre os projetos de diversos designers e recebe orçamentos de fabricas locais. Estas recebem as especificações do produto em formato CAD e através de tecnologias CNC fabricam e entregam o móvel pronto para ser montado pelo cliente.

Nesse cenário os fablabs (laboratórios de fabricação) representam um caminho para a difusão de ideias e conhecimento. Os laboratórios fazem parte de uma rede mundial de espaços abertos para experimentação e aprendizado em fabricação digital. Apesar de não competirem em termos de produção em massa eles apresentam um potencial académico e de disseminação das ideias de desenvolvimento coletivo aberto e fabricação digital, conforme o open design.

No Brasil a difusão dos fablabs ainda é pequena, contando com apenas 18 laboratórios em todo o território (Rede Fala Brasil. 2017. Disponível em: <<http://www.fablabbrasil.org/>> Acessado em 16/09/2017). Porem o numero tende a crescer com a disseminação dessas tecnologias e interesse nas escolas de design e arquitetura.



Fig.08: Fablab em Amsterdan

3.1. Técnicas CNC

O termo CNC (Computer Numerical Control) designa uma variedade de equipamentos operados por comandos precisos gerados por computador. Esse termo pode ser aplicado de pequenas impressoras 3D domésticas a grandes unidades industriais capazes de inúmeras tarefas. O ponto em comum é a forma como elas interpretam as instruções baseadas no projeto em CAD e guiando a ferramenta fabricam o objeto com alta precisão. Podemos dividir as tecnologias de fabricação em dois grandes grupos; as tecnologias subtrativas e as aditivas. A diferença entre esses tipos é a estratégia pela qual atuam; removendo ou adicionando matéria para construir o projeto.

Nas CNCs subtrativas o processo se inicia com um bloco ou chapa de material, disponíveis na indústria. E através de ferramentas removem partes do material, cortando e modelando o objeto. Nessa categoria temos as fresas CNC, que são capazes de cortar e modelar uma diversidade de chapas ou blocos em três dimensões, e todas as cortadoras CNC que podem utilizar laser, jato d'água ou ferramentas de corte para cortar ou marcar chapas em duas dimensões. Essa tecnologia permite a produção de peças de diversos tamanhos, limitado apenas pelo tamanho da máquina ou do material, e se encontra em um estado maduro sendo amplamente utilizada na indústria.

Nas tecnologias aditivas a fabricação é feita em camadas sucessivas, utilizando termoplásticos extrudados, deposição de materiais pulverizados ou cristalização de resinas líquidas, o objeto é formado em três dimensões camada a camada. O exemplo mais comum são as impressoras 3D FDM (Fused Deposition Modeling) como a Makerbot e Reprap que funcionam depositando camadas de material fundido, normalmente termoplásticos. O processo aditivo permite a construção de formas complexas porém ainda é relativamente novo e muitas evoluções ainda ocorrem. Todos os anos novos materiais e processos são patenteados, melhorando a precisão e características dos objetos quem podem ser criados. O principal limitante desses equipamentos é a capacidade das máquinas, ainda pequena se comparadas as CNCs subtrativas.



Fig.09: Powder-based 3D Printer



Fig.10: impressora 3D FDM, Makerbot

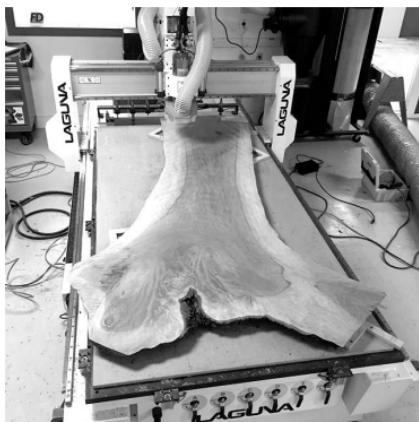


Fig.11: Fresa CNC

4. Design Paramétrico

O design paramétrico pode ser definido como "um método fundamentado em técnicas de criação de algoritmos e sistemas de programação que antecipam a tomada de decisões para uma etapa inicial do processo de projeto – a fase de definição de parâmetros" (ALVES, 2013) ou seja, o processo faz uso de ferramentas digitais, criando algoritmos (conjuntos ordenados de instruções para alcançar um resultado), que se utilizam de dados, fornecidos ou definidos, como parâmetros. Sobre isso Alves coloca: "o parâmetro pode ser entendido como o valor de uma variável que, ao mudar, fornece uma característica diferente ao componente, mas mantém uma relação tipológica com este componente em seu estado original". Ainda, segundo Marcelo Tramontano (IAU-USP); a parametrização "automatiza a alteração dos valores atribuídos, fornecendo instantaneamente, na tela do computador, a imagem gráfica da forma que corresponde à equação utilizada", e "relacionam os diferentes objetos desenhados, que podem ser as diversas curvas que compõem uma mesma superfície, permitindo que, ao alterar valores em uma delas, a forma da superfície se altere como um todo, adequando automaticamente os valores das demais curvas". Ou seja, o desenho paramétrico longe de ser uma questão estética, na verdade se coloca como uma ferramenta de projeto. Nela as características do projeto são definidas, pelo designer, através de variáveis ou relações entre variáveis endógenas do projeto. Estes parâmetros podem ser modificados posteriormente e mantém suas relações atualizando o desenho automaticamente.

O desdobramento destas características se da no caráter iterativo desse método, ou seja, a capacidade de se experimentar o projeto em diferentes iterações apenas se alterando os valores dos parâmetros, a custo e tempo adicionais. Essa possibilidade é muito interessante uma vez que abre portas para experimentações e optimização do desenho. Porém essa facilidade vem a um custo, como explicado por Mark Burry (in KOLAREVIC, Branko. 2013. Architecture in The Digital Age. p147) o processo paramétrico tem suas particularidades que precisam ser incorporadas desde o inicio. Uma vez que o processo é referenciado em valores e em demais objetos do projeto, não é possível remover ou alterar manualmente elementos sem afetar os demais que se baseiam nele.

4.1. Metodologia do Design Paramétrico

No design paramétrico o processo de projeto é dividido em ciclos, também chamados iterações, onde um conjunto de instruções sucessivas leva a um protótipo, que é testado e fornece melhorias a ser implementadas no próximo ciclo. Essa dinâmica iterativa acontece até que o produto seja considerado satisfatório. Como em uma receita na culinária, essas descrições de ações sucessivas levam a um produto final. Esse conjunto de instruções é também conhecido como algoritmo; como definido por Adriano Joaquim de Oliveira Cruz (UFRJ):

"Um algoritmo é um conjunto finito de regras que fornece uma sequência de operações para resolver um problema específico" (CRUZ, 1997).

Durante esses ciclos o designer abstrai uma ideia inicial para chegar a um conjunto de regras, ou algoritmos, que são formalizados em uma linguagem (ex: linguagem matemática ou linguagens de programação) gerando o código fonte: o conjunto de instruções sucessivas em um formato capaz de ser interpretado, nesse caso, por um computador. Esse código uma vez interpretado por um sistema chegará ao produto, ou objetivo, desejado. E a partir da análise desse protótipo o designer pode propor modificações ao algoritmo ou código fonte para melhorar a próxima iteração.

É importante notar que o design paramétrico e o método iterativo não são exclusivos as técnicas digitais. O caráter iterativo, de experimentação e melhorias, está presente sempre que se utilizam modelos em escala ou protótipos. E a parametrização, apesar de ter sido facilitada com o advento do computador, já era utilizada na forma de modelos físicos em escala, como no célebre caso do arquiteto catalão Antoni Gaudí e seus modelos funiculares.

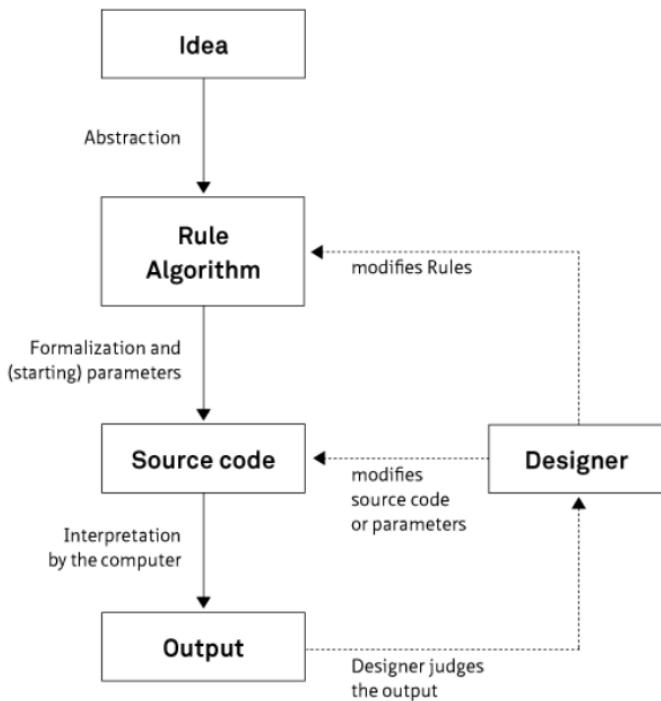


Fig.12: Fluxograma da metodologia do design paramétrico,
(Hartmut Bohnacker, 2009)

5. Análise de Projetos Existentes

Com os recentes avanços nas fabricação digital, principalmente no cenário doméstico, e da cultura “maker” surgiram vários projetos que se apropriam desse método para a fabricação de objetos. Dentre eles escolhi três cadeiras para serem analisadas. Os três projetos fazem parte da iniciativa Opendedesk e foram escolhidos relevando qualidade do objeto e projeto e por considerar a curadoria do site superior aos demais bancos de projetos disponíveis como o thingverse (<http://www.thingverse.com>) e instructables (<http://www.instructables.com>).

Os projetos foram avaliados em 5 critérios relevantes a mobiliário em geral; robustez, ergonomia, semiótica, plasticidade e preço unitário; e 2 pertinentes a fabricação digital a partir de chapas; fabricação e características de logística. Essas categorias foram julgadas em uma escala de 1 a 5 sendo um o pior desempenho e 5 o melhor.

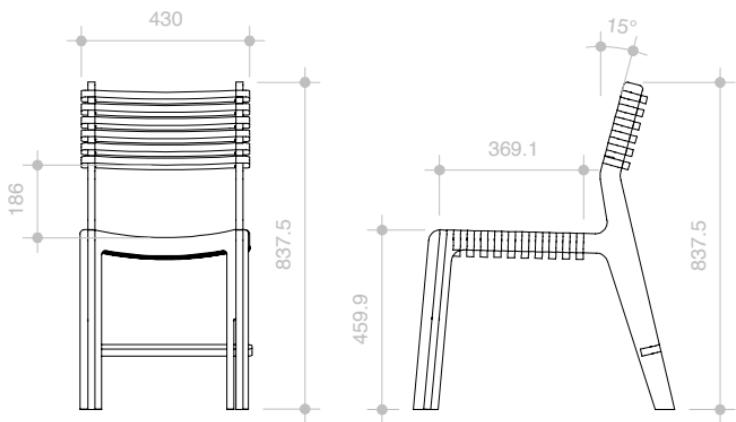
Critérios de avaliação

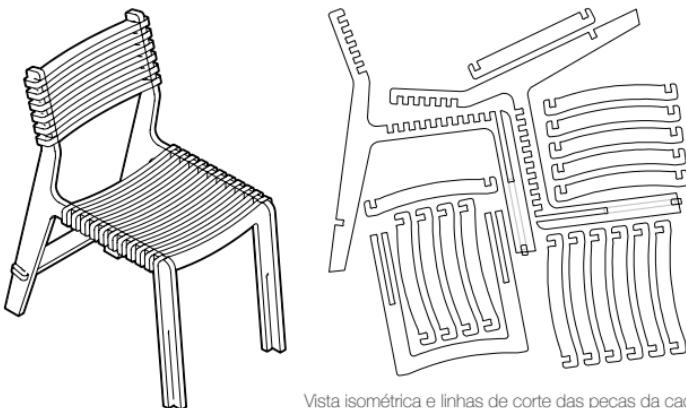
1. **Robustez:** avaliação da rigidez estrutural frente aos usos funcional e não funcional do móvel.
2. **Ergonomia:** conformação do móvel as questões anatômicas em seus diversos usos
3. **Semiótica:** robustez, estabilidade, limpeza, ordem, racionalidade perceptíveis ao usuário.
4. **Plasticidade:** avaliação da forma e estética do projeto.
5. **Custo:** custo de produção da cadeira levando em consideração aproveitamento de material.
6. **Fabricação CNC:** Facilidade de fabricação, qualidade das soluções e adequação ao método de produção.
7. **Logística:** Empilhamento, empacotamento, desmontabilidade e facilidade de montagem/desmontagem.

Cadeira Valoví



Foto de divulgação do site Opendesk. Vistas frontal e lateral, sem escala.





Vista isométrica e linhas de corte das peças da cadeira.

Valoví Chair (Denis Fuzii, 2013)

1. Robustez: Por sua construção feita de peças transversais que travam o sistema e formam o encosto e assento a Valoví apresenta um grau elevado de rigidez, porem a falta de um contraventamento a deixa suscetível a perda de esquadro caso as peças apresentem folgas. Somado a isso o principal ponto de fragilidade ocorre no encontro do assento com o encosto.

2. Ergonomia: Atende a quase todas as recomendações ergonômicas, sendo os pontos críticos a profundidade útil do assento e a extensão vertical do encosto 1 cm mais curto em relação ao recomendado.

3. Semiótica: Apresenta uma lógica de montagem facilmente apreendida que conforma superfícies curvas aparentemente estáveis.

4. Plasticidade: A simplicidade do sistema formado de chapas recortadas em linhas simples confere ao modelo um desenho facilmente apreendido pelo usuário, porem característico de sua forma de fabricação via CNC.

5. Custo: Considerando a quantidade de material utilizada a Valoví apresenta o maior custo de material dentre os três modelos avaliados.

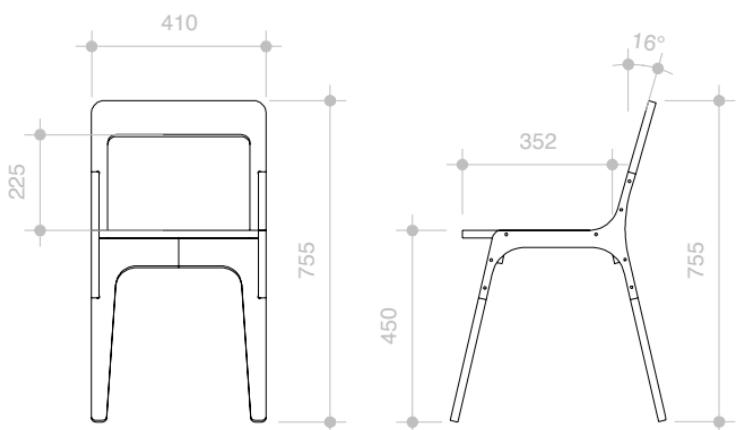
6. Fabricação CNC: A estratégia usada no modelo é simples, utilizando repetição de elementos curvos que conformam o encosto e assento através de encaixes. A repetição de peças simplifica a montagem porem gera partes que apesar de pequenas não favorecem o aproveitamento do material. A relação área da chapa versus área utilizada é de apenas 0.36.

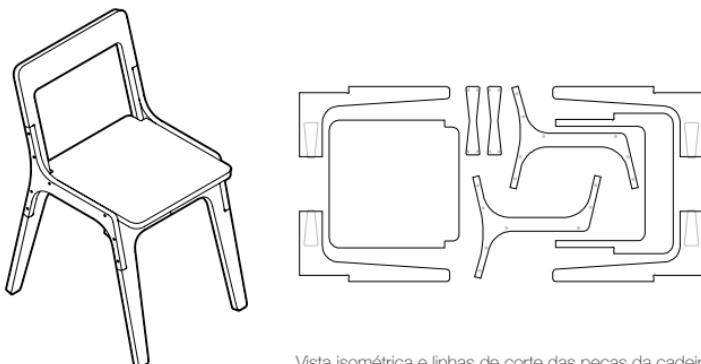
7. Logística: A cadeira não apresenta a capacidade de ser empilhada uma vez montada, e o numero de peças total apresenta um problema a ser resolvido para o transporte. O projeto prevê a montagem utilizando os encaixes e cola, uma vez montado o móvel não pode ser desmontado.

Cadeira Slim



Foto de divulgação do site Opendesk. Vistas frontal e lateral, sem escala.





Vista isométrica e linhas de corte das peças da cadeira.

Slim Chair (Jose Pacheco, 2017)

1. Robustez: A robustez do modelo fica comprometida por conta das pernas que utilizam penas uma peça de laminado. Sob carga as pernas são solicitadas em um plano perpendicular a laminação, o que pode causar flexão e instabilidade. O mesmo ocorre no encosto, podendo a cadeira se tornar instável devido a grandes cargas ou materiais de baixa qualidade.

2. Ergonomia: O principal problema do modelo se encontra no encosto, muito curto e totalmente plano. Porém a cadeira também falha em garantir o ângulo do assento.

3. Semiótica: A cadeira apresenta linhas leves e simples. O ângulo entre as pernas e o ângulo do encosto conferem solidez.

4. Plasticidade: A Slim chair apresenta linhas delicadas e evocam leveza. Plasticamente ela se difere de demais projetos fabricados em CNC, se aproximando de um móvel tradicional.

5. Custo: O projeto apresenta o melhor aproveitamento de material dentre os modelos avaliados. A relação entre área de material necessário e utilizado é de 0.54.

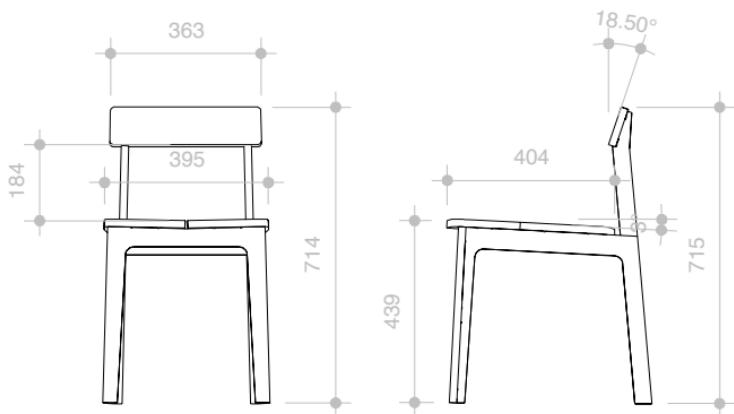
6. Fabricação CNC: A fabricação do modelo é relativamente simples, consistindo em apenas 10 partes e 24 parafusos. A utilização de pernas simétricas torna a montagem fácil e previne erros.

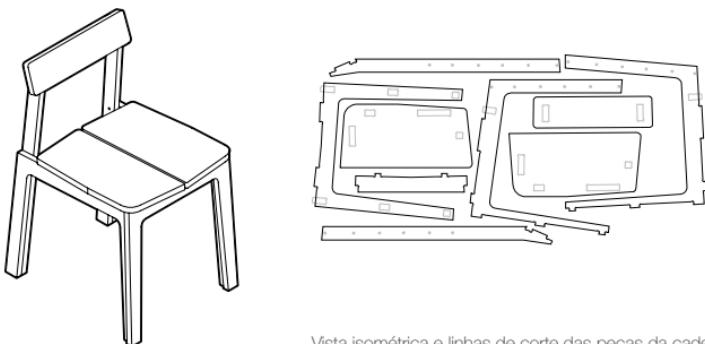
7. Logística: A pesar de não ser empilhável o numero reduzido de peças e a utilização de parafusos permitiria a desmontagem da cadeira.

Cadeira Roxanne



Foto de divulgação do site Opendesk. Vistas frontal e lateral, sem escala.





Vista isométrica e linhas de corte das peças da cadeira.

Roxanne Chair (Pierrick Faure, 2014)

1. Robustez: Apesar de não ter travamentos horizontais nas pernas o projeto apresenta alto nível de rigidez graças aos encaixes que formam as pernas frontais e no assento. O uso de duas peças, com planos de laminação perpendiculares nas pernas dianteiras, garante estabilidade dos apoios. O uso de encaixes entre a parte inferior do assento e as demais peças garante um travamento sólido sem interferir na estética da cadeira.

2. Ergonomia: Como na Slim Chair o problema se encontra no encosto. Muito baixo e muito curto ele não oferece apoio e se encontra em um ângulo que não favorece a ergonomia. O assento apresenta um bom ângulo e a estratégia de dar um leve ângulo transversal pode tornar o assento mais confortável.

3. Semiótica: A ausência de encaixes torna o projeto limpo e as linhas retas remetem a estabilidade.

4. Plasticidade: A cadeira é formada por linhas retas e planos bem definidos sem se tornar complexa. A estratégia de montagem, escondendo os encaixes e fixações, garante superfícies limpas.

5. Custo: A Roxanne Chair apresenta o segundo melhor aproveitamento de material com uma relação de 0.56.

6. Fabricação CNC: O projeto é constituído de nove peças que apresentam uma lógica de encaixes que além de estruturar a cadeira ainda orientam o usuário na sua montagem, sendo impossível encaixar uma peça de forma errada. Além disso, os pontos de encaixe são pensados de forma a não aparecerem externamente no móvel demonstrando um pensamento mais avançado e tirando proveito das possibilidades da fabricação CNC.

7. Logística: A cadeira não é empilhável, porém o número de peças reduzido garante um bom empacotamento. A utilização da lógica de encaixes escondidos fez se necessária a utilização de cola em na montagem o que torna impossível a desmontagem da cadeira.

5.1 Processo de Análise

Segundo os critérios de avaliação e analisando os projetos foi elaborada a tabela de avaliação. O mesmo método será utilizado para avaliar o projeto da cadeira 101 mais adiante.

Para realizar a análise foram utilizados os arquivos CAD, disponíveis no site da Opendesk, que são utilizados para a fabricação CNC. A partir dos arquivos foram criados modelos tridimensionais no computador, que foram utilizados para análises digitais, e modelos físicos em escala, que foram avaliados quanto a sua forma, fabricação e ergonomia.

Uma vez que os modelos das cadeiras não estavam disponíveis, os testes de ergonomia foram realizados através dos modelos em escala. Para tanto foi desenvolvido um gabarito ergonômico (fotos ao lado) com dimensões e articulações baseados na escala humana.

A seguinte tabela apresenta os resultados do processo. Apesar de bem próximas, as médias finais apontam a Slim Chair (Jose Pacheco, 2017) como a mais adequada entre as três. Ela será utilizada como base para a cadeira 101.

Critérios	Valoví Chair	Slim Chair	Roxanne Chair
1. Robustez	4	3	4
2. Ergonomia	4	3	2
3. Semiótica	4	4	4
4. Plasticidade	4	5	4
5. Custo	3	5	4
6. Fabricação	3	4	5
7. Logística	2	3	3
Média total:	3.43	3.86	3.71

Primeira coluna: fotos dos modelos físicos em papel holer, na escala 1:9.
Segunda coluna: gabarito ergonômico em posição nos modelos



6. Projeto da Cadeira 101

Premissas do projeto: redesenho da cadeira CIMO utilizando design paramétrico e fabricação digital.

Considerações ergonômicas: uso em postura relaxada, uso do encosto e assento ligeiramente mais baixo.

Nesse projeto, foquei no desenho de uma cadeira doméstica de uso geral, voltado para uso esporádico e prolongado em tarefas de baixa atenção em postura relaxada; a cadeira que poderia ser encontrada ao redor de mesas de jantar, restaurantes e salas de reunião. Como referência inicial, tomei a cadeira CIMO no. 1001 por sua importância histórica na indústria moveleira do Brasil e seu desenho icônico que ainda figura em diversos estabelecimentos e casas brasileiras. O projeto foi desenvolvido pelo método paramétrico, o que permitiu um constante ciclo de iterações para ajustar desenho e uma integração direta com os sistemas de fabricação CNC.

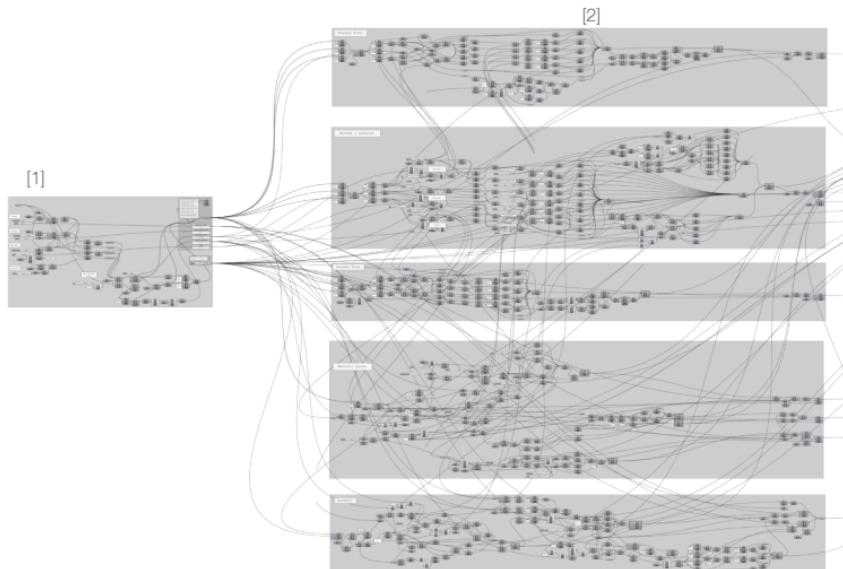
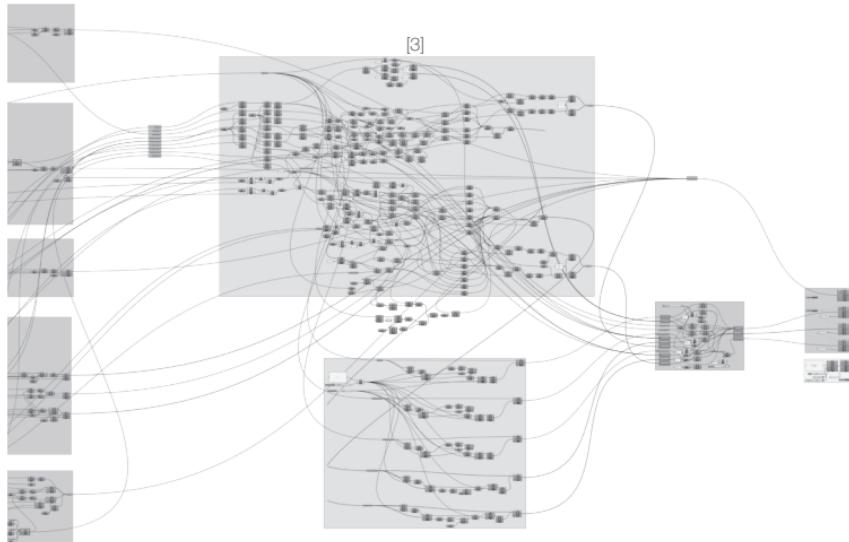


Imagem do algoritmo dentro do Grasshopper, em sua sexta iteração

Como parte da premissa, o projeto foi feito inteiramente utilizando um algoritmo paramétrico, ou seja, todos os pontos, linhas e planos que definem a cadeira foram criados a partir das relações matemáticas e parâmetros definidos. Durante o processo do projeto o algoritmo passou por três versões principais onde um protótipo ou modelo em escala era feito e analisado e modificações eram implementadas para a próxima iteração. Nas atualizações as modificações foram de naturezas diversas: tendo maior ou menor impacto na morfologia da cadeira, se limitando a correções de melhorias no desempenho do código ou por vezes versões alternativas do mesmo algoritmo que foram abandonadas.

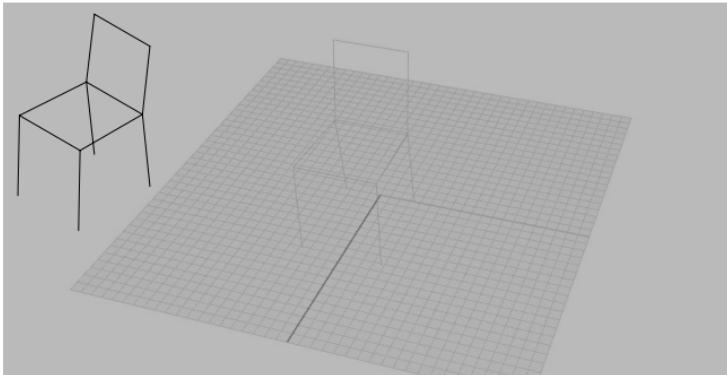
O programa utilizado para fazer o projeto foi o Rhinoceros 3D acompanhado do plug-in Grasshopper. A escolha por esse software foi tomada em função da facilidade de uso dessa plataforma, sua capacidade de ser facilmente integrada com as ferramentas de fabricação digital que seriam utilizadas e a sua popularidade, o que significa uma base de códigos e soluções para ajudar no projeto.

O projeto da cadeira 101 foi desenvolvido em três partes distintas que demonstram o processo de abstração e codificação do algoritmo:



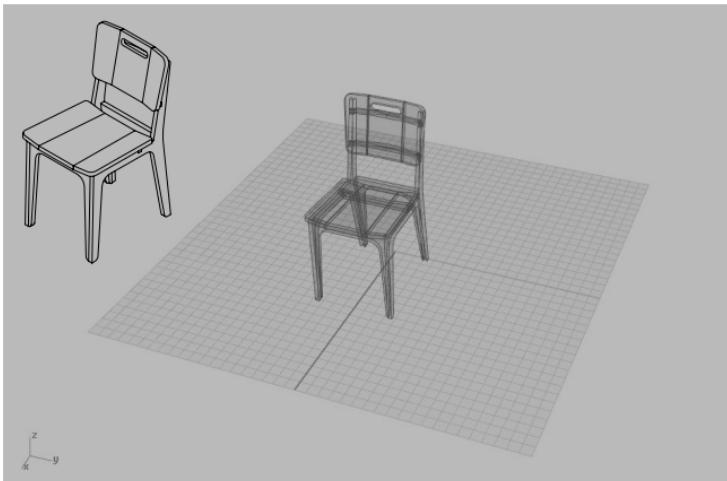
Etapas do algoritmo:
[1] Definição da forma base.
[2] Construção do modelo 3D.
[3] Extração e conformação dos vetores de fabricação.

[1] Na primeira, a partir de parâmetros numéricos básicos como altura do assento, ângulo do encosto ou distância entre as pernas, foi construído um modelo simplificado da cadeira, uma abstração geométrica. Esse modelo é constituído somente por linhas, porém já contém todas as principais dimensões do objeto final. É sobre essa base em linhas que são determinados os valores dos parâmetros que definem a ergonomia.



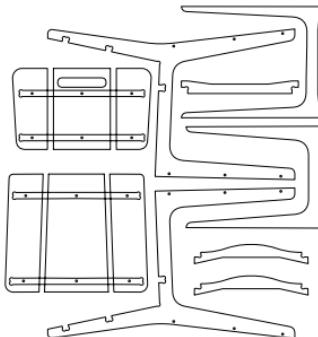
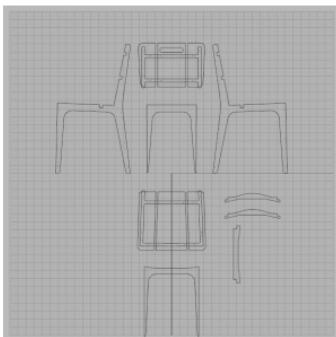
Primeira etapa: construção do modelo abstrato da cadeira, a base.

[2] A segunda etapa consistia em gerar um modelo volumétrico da cadeira tal como ela seria construída. Nessa fase a morfologia da cadeira se define. A base da etapa anterior é utilizada para construção das partes e suas interações. É nessa fase que foi definido o desenho da cadeira com todos os detalhes de design.



Segunda etapa: modelo 3D com as peças da cadeira.

[3] Na terceira parte, o modelo 3D da cadeira é dividido em suas partes constituintes e são gerados desenhos planificados das peças. A partir dessas linhas no plano são gerados os vetores de corte capazes de serem interpretados pela fresa CNC. Nesse ponto também são criadas linhas suplementares que ajudarão na montagem da cadeira como furações para as fixações e encaixes.

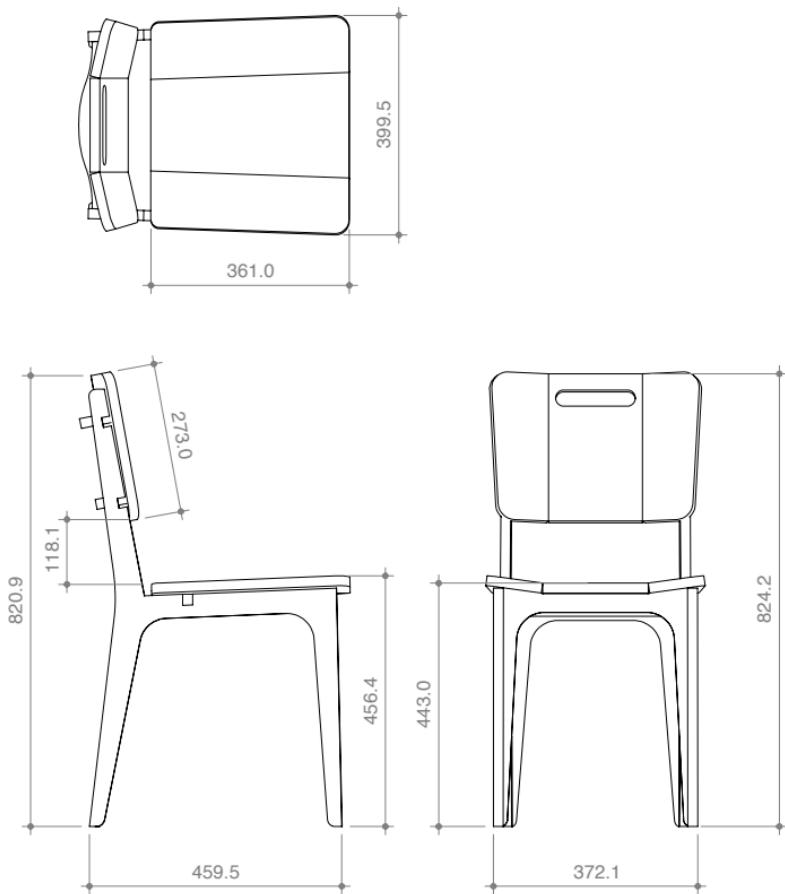


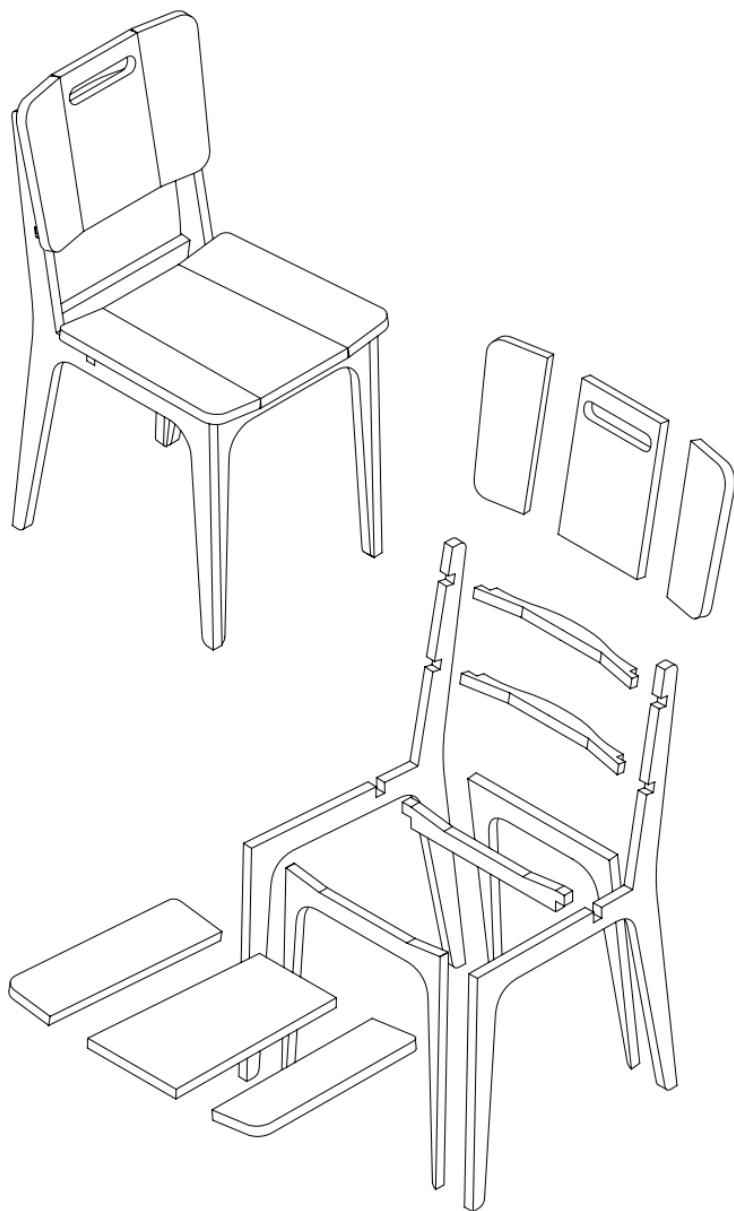
Terceira etapa: planificação das peças e criação dos vetores de fabricação CNC.

Passou-se então para a parte executiva do projeto: a fabricação digital a partir dos desenhos gerados anteriormente. Nessa fase uma fresa CNC foi utilizada para executar o corte das peças da cadeira em uma chapa de madeira compensada. Os cortes são realizados através de uma ferramenta de corte (fresa) guiada por instruções baseadas nos vetores de corte do projeto, uma tarefa que levou aproximadamente duas horas. Uma vez com as peças da cadeira prontas foi dado um acabamento leve, remoção das rebarbas produzidas no durante o corte e lixamento das superfícies da madeira, e foi feita a montagem final. Essa etapa foi relativamente rápida, tendo sido completa em menos de uma hora, uma vez que os pontos de encaixe e fixação já haviam sido feitos na CNC.

A fabricação da cadeira 101, do inicio ao fim, levou aproximadamente cinco horas. Ao final, o móvel apresentou performances próximas as expectativas levantadas pelos modelos em escala. A montagem se provou simples e rápida; uma vez que os encaixes e fixações estavam incorporados no desenho de cada peça. A cadeira se mostrou bastante estável e confortável atingindo as propostas ergonômicas da pesquisa.

6. Projeto da Cadeira 101





6. Projeto da Cadeira 101





Fotos da cadeira 101 ver.03 em sua ultima iteração.



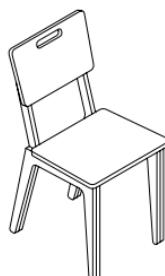
6.1. Histórico do projeto



Modelo em escala 1:9. papel paraná

Versão v.01

A cadeira 101 tinha um lógica bem diferente do modelo final. As pernas eram formadas por duas camadas paralelas, o que já nos primeiros modelos em escala se mostrou como um ponto de fragilidade e instabilidade por conta do momento fletor transferido inteiramente para o assento. Porém alguns detalhes de desenho já estavam presentes. Os ângulos do encosto e assento, bem como a alça, tem sua origem na cadeira CIMO e foram implementadas cedo como parte da linguagem visual, ergonômica e funcional do móvel referência.

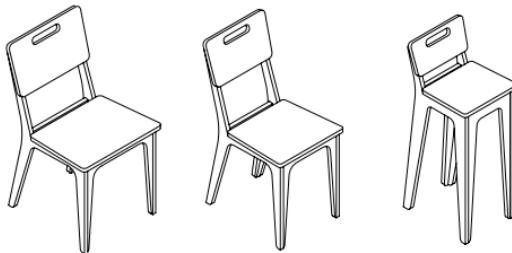




Modelo em escala 1:9. papel paraná

Versão v.02

Na segunda versão, a cadeira já tomava as linhas mais próximas da final. Foi nessa versão onde ocorreu a maior parte do desenvolvimento do código em termos de plasticidade e funcionalidade. O algoritmo foi atualizado para possibilitar uma maior gama de valores, o que resultou em uma grande capacidade de formas a partir do código. A principal mudança foi o sistema das pernas. Mudadas de forma a melhor distribuir os esforços, nesse modelo as pernas eram formadas no encontro de dois planos perpendiculares, o que conferiu uma grande estabilidade e aliviou a transferência dos momentos fletores para o assento.





Modelo em escala 1:9, papel paraná

Versão v.03

A terceira versão se mostrou a mais difícil e necessitou um grande número de sub-versões para ser implementada e corrigida. Do ponto de vista formal foram adicionadas apenas as concavidades no assento e encosto, que passaram a ser constituídos de três planos em ângulos. Porém dada a geometria da questão, essa implementação se provou bastante problemática. Do ponto de vista estrutural foram criadas mais três peças para a fixação das partes do assento e encosto. Na geometria, o aumento da complexidade se mostrou uma questão bastante complicada. A limitação da construção em planos (advindo da fabricação na fresa CNC) foi problemática por conta dos segmentos do assento que precisavam ser inclinados em dois eixos distintos.



6.2. Cadeira CIMO 1001 & cadeira 101

Assim como a cadeira CIMO 1001 (com as suas referências visuais deformas curvas do assento e encostos e a alça superior), a cadeira 101 também se propôs remeter ao pioneirismo e caráter popular do projeto original. O impacto da CIMO 1001 na indústria moveleira nacional se deu por seu projeto pensado na industrialização, indicando uma nova forma de se pensar a fabricação e distribuição de móveis no Brasil. Isso possibilitou o modelo atingir escala nacional de forma acessível a todas as parcelas da população.

Analogamente, a cadeira 101 procurou repensar esse processo nos dias de hoje. Através do desenho paramétrico o projeto pôde ser modificado para uma variedade de cenários, adaptando-se a diferentes biotipos de usuários e matérias-primas. Ainda, tirando proveito da fabricação digital, pode ser fabricada singularmente de forma única sem impacto na produção. A capacidade do projeto e método de produção de aceitarem diferentes tipos de madeiras contribui para uma produção mais consciente às matérias-primas e suas ofertas, potencialmente amenizando flutuações de preço e reduzindo o custo da cadeira. Por fim se utilizando das plataformas digitais de colaboração e espaços de fabricação digital, como os fablabs, a cadeira 101 poderia ser fabricada localmente, utilizando-se de matérias-primas disponíveis e dessa forma, diminuindo as necessidades de distribuição.

Ao final da montagem do protótipo, a cadeira 101 pode ser empiricamente comparada a CIMO 1001. O teste prático foi realizado com um grupo reduzido de usuários de diferentes biotipos e buscou confirmar a usabilidade do móvel, apesar de não apresentar relevância estatística, esse experimento foi feito de forma a excluir o autor do projeto do julgamento inicial. Dimensionalmente, os modelos se comportaram de forma bastante semelhantes como pela premissa do projeto. Ergonomicamente, a cadeira 101 (com sua curvatura simples no assento) apresentou maior liberdade ao usuário. E esteticamente as referências visuais se provaram bem claras, sendo rapidamente relacionadas pelos usuários.

A cadeira 101 apresenta linhas simples como o projeto que a inspirou e compartilham funções práticas e produtivas. Apesar de não conter toda a carga histórica do pioneirismo das indústrias CIMO, ela também se propõe a repensar o paradigma da movelearia. Como projeto considerei ter atingido as premissas de projeto as quais se propôs e remete de forma clara ao design original.

7. Considerações Finais

Este trabalho abordou a aplicação de novas tecnologias ao objetivo singelo de projetar e construir uma cadeira. Um processo que se mostrou nada simples e no qual a pesquisa passou por bases históricas, ergonômicas e técnicas. O projeto possibilitou a experimentação de uma técnica, o design paramétrico aliado à fabricação digital, e pôde validar a aplicabilidade desse processo. No final, o projeto se concretizou na forma da cadeira 101, fabricada no Laboratório de Modelos e Ensaios da FAUUSP, na fresa CNC.

Após a pesquisa, muitos questionamentos foram levantados sobre as técnicas aplicadas. O design paramétrico, muito em pauta atualmente, tem sido usado em grandes obras muito como um elemento estético, muitas vezes sem diálogo com os outros pontos do projeto. Essa questão foi colocada logo no inicio do trabalho e levou a premissa de que a vocação do desenho paramétrico não estava somente na criação de formas diferentes, mas na sua característica inata de possibilitar iterações e revisões durante o processo do projeto. Da mesma forma foram colocadas críticas a fabricação digital, ou mais diretamente nas promessas feitas sobre essa tecnologia. Longe de ser uma solução pronta para uma nova forma de se produzir, a fabricação digital nos dá uma direção possível. Porem muito do que se vê da produção digital são aplicações diretas das máquinas CNC, sem um questionamento sobre a produção ou técnica envolvida. Por fim os objetos gerados desse processo ainda se encontram muito aquém da promessa de um produto final acabado diretamente da máquina.

Durante projeto da cadeira 101 foi possível explorar esses questionamentos. Após o desenvolvimento do trabalho, chegou-se a conclusão de que é necessário um melhor entendimento dessas tecnologias, no sentido de desmistificá-las. Somente com esse entendimento essas técnicas poderão almejar a revolução a qual se propõem. Foi possível constatar também que o design paramétrico e a fabricação digital, longe de serem processos automáticos, são ferramentas de projeto com um grande potencial e devem cada vez mais marcar presença no trabalho de designers e arquitetos.

Referências Bibliograficas

MAGRI, Paulo Henrique Gomes, A digitalização do design de mobiliário no Brasil: panorama e tendências, text, Universidade de São Paulo, 2015;

KOLAREVIC, Branko, Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing, [s.l.]: Taylor & Francis, 2003;

BURRY, Mark, Between Intuition adn Processes: Parametric Design and Rapid Prototyping, in: Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing, [s.l.]: Taylor & Francis, 2003;

DUL, Jan; WEERDMEESTER, Bernard, Ergonomia prática, [s.l.]: Edgard Blücher, 2004;

IIDA, Itiro, Ergonomia: projeto e produção, [s.l.]: Edgard Blucher, 1992;

Fab lab, in: Wikipedia, [s.l.: s.n.], 2017;

SANTI, M. Angelica, Mobiliário No Brasil, São Paulo: Senac SP, 2013;

SANTOS, Maria Cecília Loschiavo dos, Móvel Moderno no Brasil, Arquitetura e Urbanismo edition. São Paulo: Olhares, 1995;

Open Design Manifesto, Ronen Kadushin, disponível em: <<https://www.ronen-kadushin.com/open-design-manifesto/>>, acesso em: 13 set. 2017;

TARALLI, Cibele Haddad; CAMPOS, Paulo Eduardo Fonseca de; NASCIMENTO, Luís Cláudio Portugal do, Parecer técnico da Comissão de Análise e Proposição do Mobiliário da FAU sobre a determinação do modelo de cadeira mais apropriado para equipar as salas de ensino e projeto da FAU-USP, 2008;

ALVES, Gilfranco; PRATSCHKE, Anja, Processos de Projeto Cibersemióticos: Procedimentos de Observação, Representação e Performance Aplicados ao Design Paramétrico, in: Blucher Design Proceedings, [s.l.: s.n.], 2013, v. 1, p. 258–261;

KAGEYU NORO, Rani Lueder, Seat Comfort: A Review of the Construct in the Office Environment, [s.l.]: Human Factors, 1983.

A ilusória emancipação por meio da tecnologia - Le Monde Diplomatique, disponível em: <<http://diplomatique.org.br/a-ilusoria-emancipacao-por-meio-da-tecnologia/>>, acesso em: 6 nov. 2017.

Índice de Imagens

- Fig.01: SANTI, Maria Angélica. Mobiliário no Brasil. Pág.140
Fig.02: SANTI, Maria Angélica. Mobiliário no Brasil. Pág.124
Fig.03: SANTI, Maria Angélica. Mobiliário no Brasil. Pág.124
Fig.04: Fonte: <https://www.pamono.com/no-14-viennese-chair-from-gebrueder-thonet-1860s-1>
Fig.05: Fonte: <http://en.thonet.de/service/press/history-214.html>
Fig.06: Fonte: arquivo pessoal
Fig.07: SANTI, Maria Angélica. Mobiliário no Brasil. Pág. 219
Fig.08: Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Fab_lab
Fig.09: Fonte: <https://www.prfog.org/12539309-3d-printing-powder-market-analysis-till-2021-download.html>
Fig.10: Fonte: <https://store.makerbot.com/printers/replicator/>
Fig.11: Fonte: <https://lagunatools.com>
Fig.12: Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/70/Generative_Design_Process.png

Imagens não creditadas são de propriedade do autor.

1001 2017-11-22 11:07

