



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ALEXSANDER MIGUEL WOLFF

**CONSTRUÇÃO AUTOMATIZADA ATRAVÉS DO MÉTODO
CONTOUR CRAFTING**

LAGES - SC

2020

ALEXSANDER MIGUEL WOLFF

CONSTRUÇÃO AUTOMATIZADA ATRAVÉS DO MÉTODO CONTOUR CRAFTING

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Centro
Universitário UNIFACVEST como requisito básico para
a conclusão do Curso de Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Aldori Batista dos Anjos

LAGES - SC

2020

ALEXSANDER MIGUEL WOLFF

CONSTRUÇÃO AUTOMATIZADA ATRAVÉS DO MÉTODO CONTOUR CRAFTING

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Centro
Universitário UNIFACVEST como requisito básico para
a conclusão do Curso de Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Aldori Batista dos Anjos

Lages, SC ___/___/2020. Nota _____

Prof. Msc. Aldori Batista dos Anjos

LAGES – SC

2020

TERMO DE APROVAÇÃO
ALEXSANDER MIGUEL WOLFF

**CONSTRUÇÃO AUTOMATIZADA ATRAVÉS DO MÉTODO
CONTOUR CRAFTING**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Aldori Anjos, coordenador do curso de Engenharia Civil.

Banca Examinadora:

AGRADECIMENTO

Primeiramente queria agradecer a Deus por me proporcionar saúde para prosperar com o suor do meu trabalho durante o percurso estudantil.

Em especial queria agradecer a minha mãe Sonara das Graças Fogaça Miguel, que mesmo sendo mãe solteira, trabalhando para dar sustento a nossa família, conseguiu me dar todo o suporte que eu precisava para que eu não saísse do meu foco.

Agradecer aos meus avós, Nilton Miguel por me mostrar a arte da engenharia. Maria de Lourdes Fogaça Miguel por me ensinar que o trabalho feito com muito amor é gratificante.

Agradeço a minha namorada Pamela Scopel, por todo amor, e pelo apoio durante os momentos de alegria e tristezas vividos nos últimos 8 anos de relacionamento.

Agradeço aos meus amigos Kaio Cezar, Cleiton Andrade pelos companheirismos em horas de estudos, sem vocês tudo seria mais difícil. Também ao meu amigo Bruno Arruda, um irmão que a vida me deu e que sei que posso confiar sempre.

Ao meu orientador Aldori Batista dos Anjos, que me incentivou na escolha do tema e pela sua atenção as minhas dificuldades na elaboração.

A todos,
meu sinceros muito obrigado,
Alexsander Miguel Wolff.

“Presentemente eu posso me considerar um sujeito de sorte. Porque apesar de muito moço me sinto são, salvo e forte. E tenho comigo pensado, Deus é brasileiro e anda do meu lado!”

(Emicida- AmarElo)

RESUMO

O processo inicial de construção automatizada através de contornos surgiu através de uma ideia do professor Behrokh Khoshnevis no Instituto das Ciências da Informação da Escola Viterbi no sul da Califórnia com ideia para evitar problemas encontrados na construção civil, como produtividade, propriedade, segurança e com escassez de mão de obra qualificada. O desenvolvimento de novos paradigmas de automação para a construção de toda a estrutura pode aliviar muitos dos problemas que o setor está enfrentando. De fato, novos paradigmas de automação parecem imperativos para várias aplicações, incluindo a construção de casas de emergência e projetos habitacionais de baixa renda. Além disso, o desenvolvimento de tecnologias de automação de construção é necessário se a colonização de outros planetas se tornar realidade no próximo século. O Contour Crafting (CC) é uma tecnologia de fabricação em camadas que utiliza o controle por computador para explorar a capacidade superior de formação de superfície da espátula, para criar superfícies planas e de forma livre e lisas. Utilizando a abordagem de estratificação oferecida pela espátula, um processo antigo, uma grande variedade de formas de superfície pode ser criada com menos tipos de ferramentas de espátula do que o necessário para trabalhos manuais e esculturas tradicionais. Objetivo principal desse trabalho é analisar a praticidade que uma construção automatizada é capaz de proporcionar as pessoas.

Palavras-chave: Automação, Contour Crafting, Construção Civil, Habitacional.

ABSTRACT

The initial automated construction process using contours came about through an idea by Professor Behrokh Khoshnevis at the Institute of Information Sciences at the Viterbi School in Southern California with the idea of avoiding problems encountered in civil construction, such as productivity, property, security and shortages of qualified labor. The development of new automation paradigms for the construction of the entire structure can alleviate many of the problems that the sector is facing. In fact, new automation paradigms seem imperative for several applications, including the construction of emergency houses and low-income housing projects. In addition, the development of building automation technologies is necessary if the colonization of other planets becomes a reality in the next century. Contour Crafting (CC) is a layered manufacturing technology that uses computer control to exploit the spatula's superior surface-forming ability to create flat, free-form and smooth surfaces. Using the layering approach offered by the spatula, an ancient process, a wide variety of surface shapes can be created with fewer types of spatula tools than are necessary for traditional crafts and sculptures. The main objective of this work is to analyze the practicality that an automated construction is capable of providing people.

Keywords: Automation, Contour Crafting, Civil Construction, Housing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Projeto de uma máquina CC em construção.....	15
Figura 2 - Projeto de bico equipado com 4 eixos.....	15
Figura 3 - Construção das paredes com tubulação para rede elétrica ou hidráulica.....	16
Figura 4 - Processo de instalação do teto pré-fabricado com os braços robóticos.....	16
Figura 5 - Seção transversal com parte oca.....	18
Figura 6 - Moldes pré-fabricados.....	19
Figura 7 - Extrusão por bico de metal.....	19
Figura 8 - Método de Forma Convencional.....	20
Figura 9 - Forma com hastes internas.....	21
Figura 10 - Forma pré fabricado pela máquina contour crafting externa.....	22
Figura 11 - Forma pré fabricado pela máquina contour crafting concretada.....	23
Figura 12 - Experimentos para construções no espaço (Parte externa).....	28
Figura 13 - Experimentos para construções no espaço (Parte interna).....	28

TABELA

Tabela 1 - Comparativo Drywall, Alvenaria e Contour Crafting.....	25
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 JUSTIIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.3 METODOLOGIA.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 CONTRUÇÃO AUTOMATIZADA	13
2.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO DA MÁQUINA CONTOUR CRAFTING.....	13
2.3 MATERIAL CERÂMICO ARGILOSO.....	16
2.3.1 Saída da pasta cerâmica do CC.....	16
2.3.2 Elaboração da pasta cerâmica.....	16
2.3.3 Artefatos cerâmicos produzidos.....	17
2.4 FORMA CONTOUR CRAFTING X FORMA CONVENCIONAL.....	19
2.4.1 Forma de Concreto Convencional.....	19
2.4.2 Forma de Concreto Contour Crafting.....	19
2.5 BENEFÍCIOS DO CONTOUR CRAFTING.....	22
2.5.1 Segurança.....	22
2.5.2 Economia.....	22
2.5.3 Produtividade.....	22
2.5.4 Sustentabilidade.....	23
2.5.5 Execução.....	23
2.6 MAFELÍCIO DO CONTOUR CRAFTING.....	23
2.7 COMPARATIVO ENTRE DRYWALL, ALVENARIA CONVENCIONAL E CONTOUR CRAFTING.....	23
2.8 APLICAÇÕES DO CONTOUR CRAFTING NO ESPAÇO.....	26
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
4. REFERÊNCIAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção está enfrentando vários problemas, incluindo altos custos de projetos, baixa eficiência de mão-de-obra, altas taxas de acidentes no local, desaparecimento da força de trabalho qualificada e baixo controle dos projetos de construção. A automação resolveu vários problemas semelhantes na indústria de transformação. O desenvolvimento de novos paradigmas de automação para a construção de toda a estrutura pode aliviar muitos dos problemas que o setor está enfrentando. De fato, novos paradigmas de automação parecem imperativos para várias aplicações, incluindo a construção de casas de emergência e projetos habitacionais de baixa renda. Além disso, o desenvolvimento de tecnologias de automação de construção é necessário se a colonização de outros planetas se tornar realidade no próximo século.

O Contour Crafting (CC) é uma tecnologia de fabricação em camadas que utiliza o controle por computador para explorar a capacidade superior de formação de superfície da espátula, para criar superfícies planas e de forma livre e lisas. Utilizando a abordagem de estratificação oferecida pela espátula, um processo antigo, uma grande variedade de formas de superfície pode ser criada com menos tipos de ferramentas de espátula do que o necessário para trabalhos manuais e esculturas tradicionais de gesso. Algumas das vantagens importantes do CC, em comparação com outros processos de fabricação em camadas, são a melhor qualidade da superfície, maior velocidade de fabricação e uma maior variedade de materiais.

1.1 JUSTIFICATIVA

Atualmente estamos observando muitas catástrofes que vem acontecendo, com relação a isso vemos muitas pessoas sem ter onde morar por conta de um problema de construção convencional.

Se olharmos no geral, praticamente tudo é feito automaticamente, a única coisa que ainda é feita manualmente é a construção de edifícios porque os métodos para a construção civil hoje são lentos e trabalhosos. A construção é o trabalho mais perigoso segundo pesquisas do Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho (AEAT) 2017, em um total de 550 mil casos de acidentes de

trabalho, 30 mil casos são relacionados a área da construção civil tudo isso gera custos para a sociedade e aos proprietários.

Contudo, visei aprofundar o meu estudo mais na área da tecnologia da construção buscando assim o método para que as pessoas se beneficiassem com apenas um toque, trazendo segurança e um excelente gerenciamento da obra.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O Objetivo principal desse trabalho é analisar a capacidade de proporcionar as pessoas a praticidade através de uma construção automatizada.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar a construção automatizada;
- Peças pré-fabricadas;
- Compreender os benefícios do método de construção Contour Crafting;
- Apontar o malefício que gera esse tipo de construção a população.

1.3 METODOLOGIA

Inicialmente a metodologia seguida para o trabalho é tanto qualitativa quanto grandemente quantitativa. Trata-se de um estudo bibliográfico ao tema em construção automatizada através de contornos (Método Contour Crafting).

Para esse fim foram buscados estudos em monografias, artigos em inglês e pesquisas em sites eletrônicos relacionados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONSTRUÇÃO AUTOMATIZADA

O processo de inicial de construção automatizada através de contornos surgiu através de uma ideia do professor Behrokh Khoshnevis no Instituto das Ciências da Informação da Escola Viterbi no sul da Califórnia com ideia para evitar problemas encontrados nas construção civil, como produtividade, propriedade, segurança e com escassez de mão de obra qualificada.

O Japão, visando isso, passou a investir nessa ideia. Aproximadamente cerca de 90 robôs estão sendo inseridos em canteiros de obras sendo utilizados para reduzir esses problemas construtivos pela empresa KAJIMA CORPORATION. Essa empresa desenvolve uma média em tecnologia cerca de U\$ 900 milhões/ano em pesquisas.

Presentemente existem duas categorias de construção automatizada pelas construtoras japonesas. Um faz trabalhos simples de tarefas únicas, sendo classificados em quatro funções como: acabamento de piso, pintura em spray, inspeção de ladrilhos e manuseio de materiais.

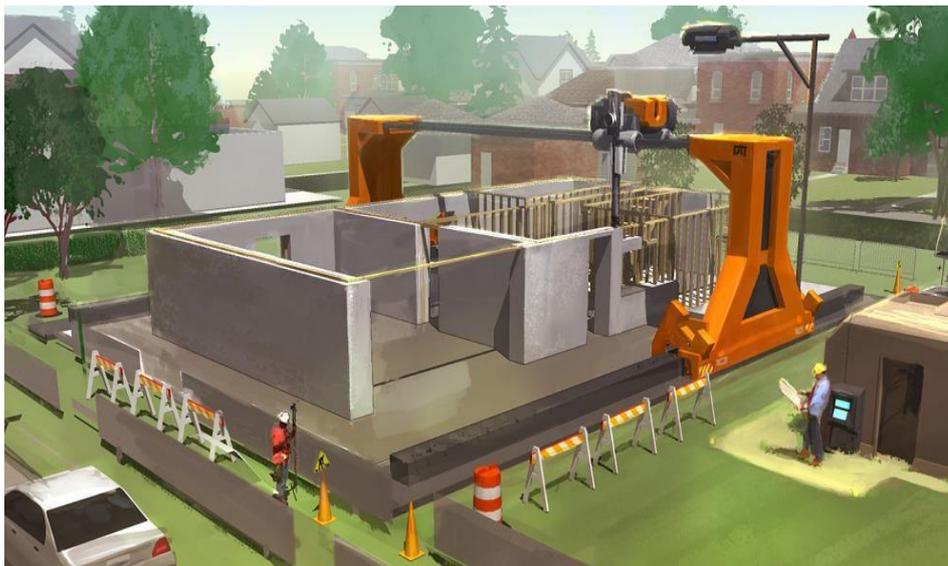
Entretanto, toda essa construção ainda é regressada para processos convencionais, tornando a “funções básicas” com o valor elevado sem ter o mínimo de lucro.

2.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO DA MÁQUINA CONTOUR CRAFTING

O processo terá que ser instalado após uma fundação já feita no local, em seguida serão instalados trilhos para todo o maquinário ser movido próximo à fundação como mostrado na figura 1.

Segundo Zhang e Khoshnevis (2013), para ter movimentos em todos os ângulos, a máquina terá que se mover em eixos cartesianos X, Y e Z. O primeiro eixo (X) é formado por trilhos. O eixo Y é criado pela altura do braço da máquina. Quando o braço estiver totalmente aberto, terá 6 metros de altura suficiente para construir um prédio de 2 andares. O 3º eixo (Z) é constituído por uma barra horizontal que une 2 braços.

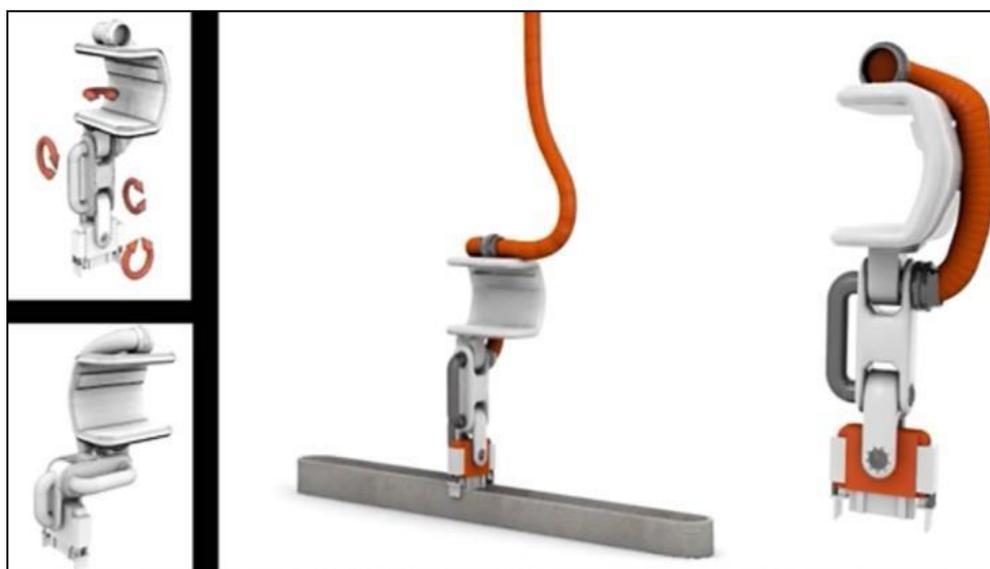
Figura 1 - Projeto de uma máquina CC em construção.



Fonte: Contour Crafting Corporation (2017)

Após a instalação da máquina no local de construção, seu próximo passo é a adição de material que pode variar dependendo do que se pede em projeto. Para construir uma edificação, o material adequado seria a uma pasta de concreto que injetado por bombas chegará até o bico de extrusão que possui 4 eixos para ter uma movimentação adequada e 3 espátulas diferentes para criar várias formas geométricas mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Projeto de bico equipado com 4 eixos.

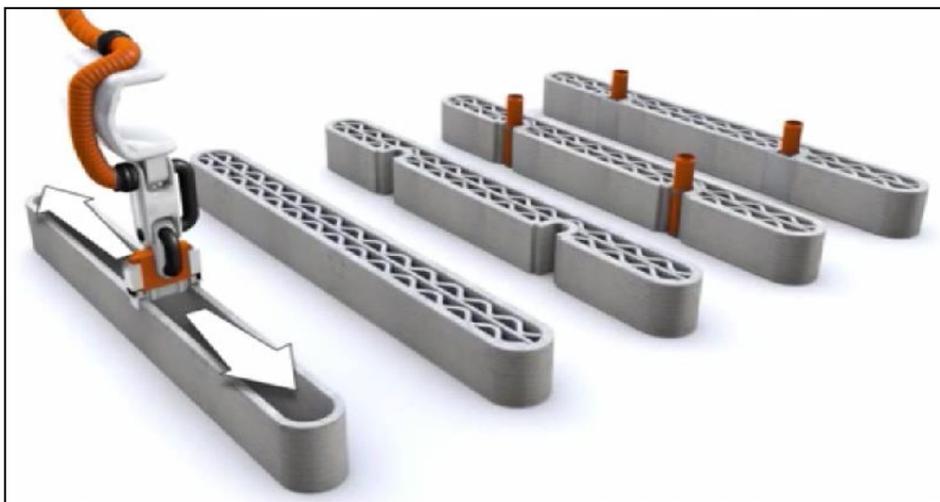


Fonte: EngiObra 2014.

O Contour Crafting produz com eficiência pilares, vigas e paredes. O bico pode criar dentes no projeto para a passagem de tubos de elétrica ou hidráulica (Figura 3).

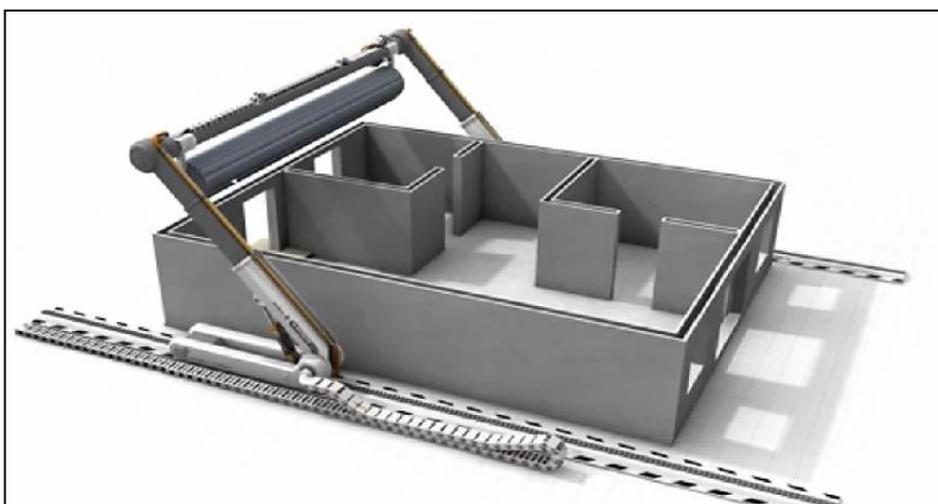
Os braços robóticos que são responsáveis pela criação das janelas, também são utilizados para a instalação do teto, que seria uma placa enrolada (parecendo uma bobina) pré-fabricada (Figura 4). Após o adicionamento desse teto, a parte superior da edificação já está apta para receber a o projeto seguinte.

Figura 3 - Construção das paredes com tubulação para rede elétrica ou hidráulica



Fonte: EngiObra 2014.

Figura 4 - Processo de instalação do teto pré-fabricado com os braços robóticos.



Fonte: EngiObra 2014.

2.3 MATERIAL CERÂMICO ARGILOSO

O material cerâmico encontrado na natureza em bastante quantidade para o uso nas aplicações da fabricação do sistema é a argila. A argila não curada vem sendo utilizado há vários séculos atrás para construção civil como a de tijolos por exemplo. Já a argila sintetizada vem sendo utilizada como fabricação de azulejos e cerâmicas.

Os processamentos cerâmicos começam com a pasta cerâmica, cuja sua propriedade mecânica é composta por mineral, estrutural e pela sua quantidade de água. A pasta cerâmica depende principalmente do seu teor de água, já que o processo com água o suficiente a pasta amolece tornando o material a se comportar como um líquido viscoso e maleável. Já quando o teor de água é reduzido, a pasta cerâmica perde a sua propriedade plástica e se mantém compacta se tornando um material semissólido e quebradiço. Se essa pasta continua secando gradativamente, o material argiloso passa a se tornar um material completamente sólido por atingir um volume mínimo de água na sua composição.

2.3.1 Saída da pasta cerâmica do CC

A máquina de construção por contorno (CC), provem de apenas uma unidade de saída de material e com mecanismo de controle da sua espátula. Segundo Khoshnevis (2017), a unidade de extrusão carrega pasta de cerâmica não curada para o tanque de transporte de material e um pistão linear acionado por parafuso de esfera empurra a pasta através de um bico de extrusão CC com uma velocidade de rotação controlada.

2.3.2 Elaboração da pasta cerâmica

O material foi adquirido pela companhia de água de Los Angeles. Seus princípios básicos argilosos eram: Talco pioneiro 2882 (talco orgânico com boa resistência e baixo teor de cálcio e cinza); argila Taylor Ball (são esferas e com granulometria fina e com um maior teor de ferro); Carbonato de Bário (ele reage com vários sais solúveis de bário); Cinza de Sódio (é um componente de sais inorgânicos constituintes), Silicato de Sódio (é estável em soluções neutras e alcalinas), e com 35% de água em massa. Fabricadas em temperatura ambiente,

as peças argilosas são aquecidas a uma temperatura de 1060°C à 1070°C por um período prolongado de 10 horas continua. Itens produzidos em maiores proporções podem ser feitos com bastante garantia já que a argila não iria ceder ou quebrar para dentro das partes ocas.

2.3.3 Artefatos cerâmicos produzidos

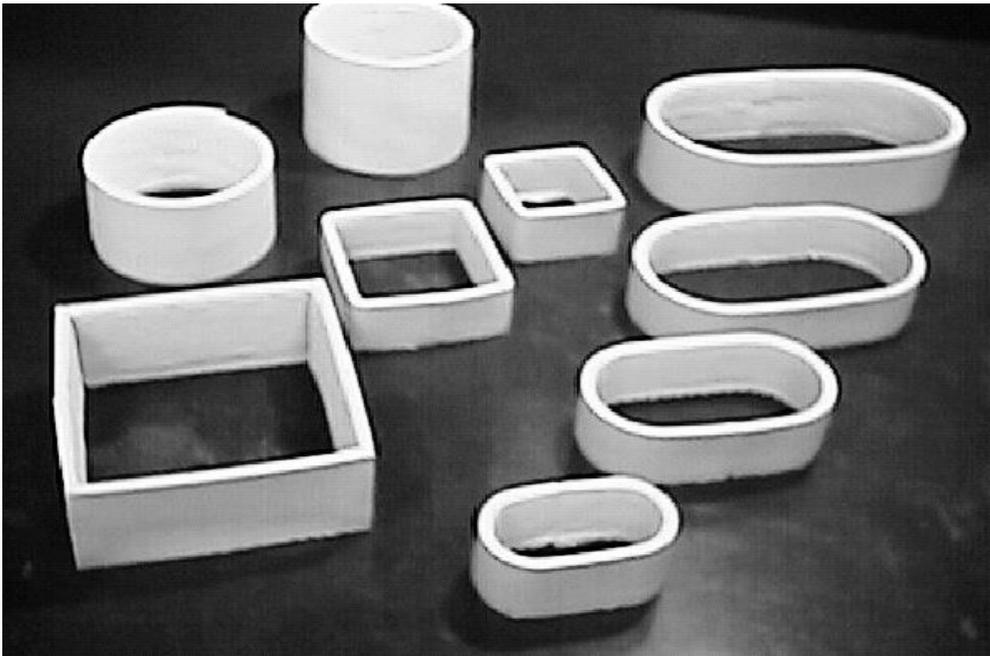
Através de vários experimentos foram pré-concebidos a construção por contornos, peças geométricas, ocas por aplicação de mandris dentro do bico e até mesmo incluindo material de reforço como bobina de aço. As figuras 5,6 e 7 mostram algumas peças fabricadas.

Figura 5 - Seção transversal com parte oca.



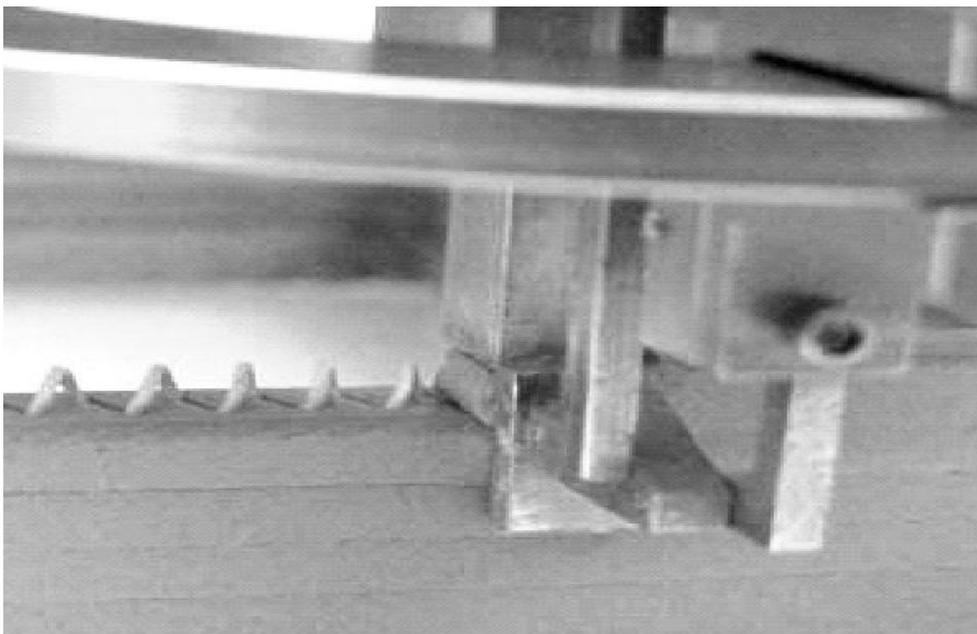
Fonte: Int. J. Engenharia Industrial e de Sistemas, vol. 1, No. 3, 2006

Figura 6 - Moldes pré-fabricados.



Fonte: Int. J. Engenharia Industrial e de Sistemas, vol. 1, No. 3, 2006

Figura 7 - Extrusão por bico de metal.



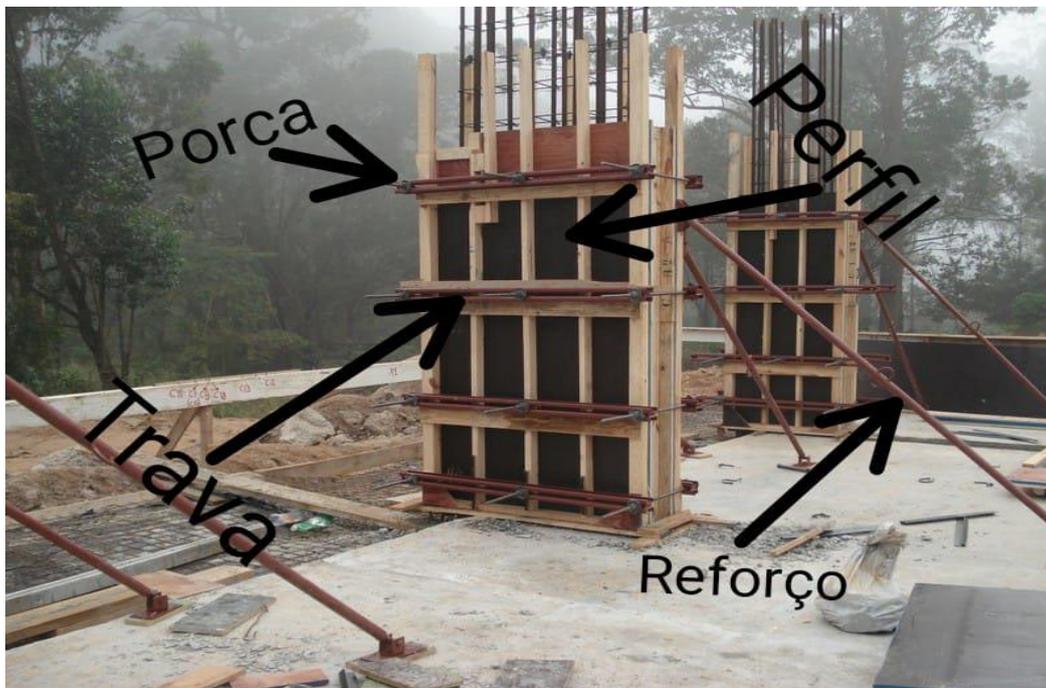
Fonte: Int. J. Engenharia Industrial e de Sistemas, vol. 1, No. 3, 2006

2.4 FORMA CONTOUR CRAFTING X FORMA CONVENCIONAL

2.4.1 Forma de Concreto Convencional

Para a concretagem convencional é necessário a montagem das formas, normalmente essas formas consiste em revestimento de perfis, travas e reforços, mostrados na Figura 8.

Figura 8 - Método de Forma Convencional.



Fonte: IDEALFORMAS 2003.

O preenchimento do concreto causa pressões laterais sendo influenciados diretamente pela velocidade de queda, sendo representado 12% do custo de uma obra. Para evitar imprevistos, são colocados perfis e pinos devidamente espaçados com tirantes preso com porcas.

2.4.2 Formas de Concreto Contour Crafting

Para a moldagem em construção por contornos, são construídas com aplicação de argamassa e fixada com tirante em fôrma de U. Esse método é mais simples que a convencional porque utiliza apenas de dois dados: amarração e revestimento. Esse revestimento é fabricado pré-moldado e inserido no local. As qualidades físicas podem ser inferiores as construídas no sistema de moldagem tradicional. Sua vantagem, é que esse método não

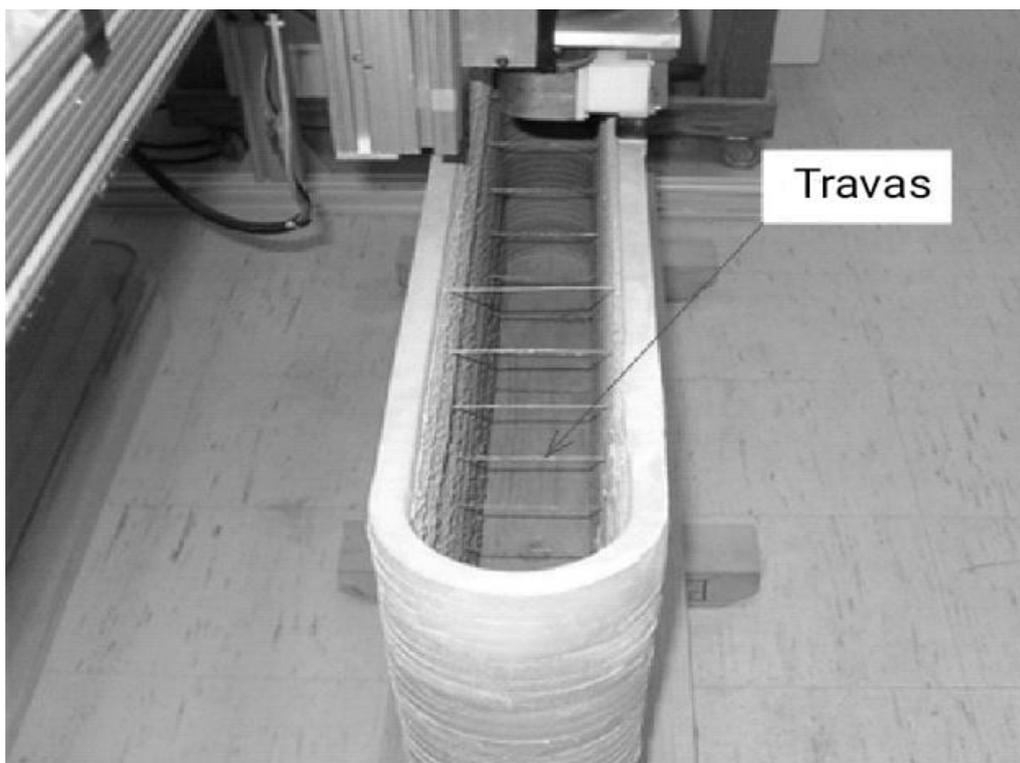
necessita de vários materiais já que sua construção provém somente de argamassa.

FABRICAÇÃO DO MOLDE

A argamassa foi feita o traço, misturada e carregada no tanque de materiais. Logo após, é apertado o botão do Start Up para que a argamassa faça o processo de extrusão, seu fluxo de extrusão inicial é descartado para que não haja imperfeições nos moldes seguintes. A extrusão então continua para completar a forma de concreto restante. Um traço dentro do tanque é consumido em 10 minutos e produz uma camada de concreto com 6,5 centímetros de espessura.

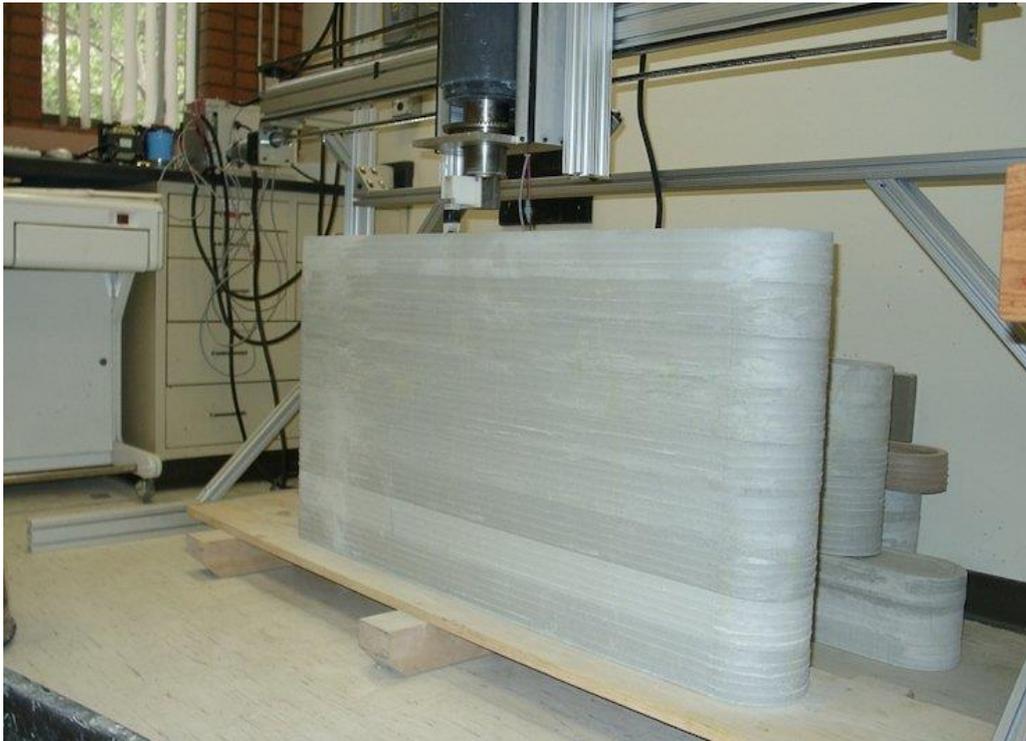
De forma contínua, as peças do CC para aguentar uma maior resistência é utilizado um travamento (Figura 9) feito manualmente a cada 30 centímetros na horizontal. É mostrado na Figura 10, os nove lotes que foram feitos para testes, o ultimo obteve uma altura de 60 centímetros.

Figura 9 – Forma com hastes internas.



Fonte: Engenharia Livre, 2016

Figura 10 - Forma pré fabricado pela máquina contour crafting externa.



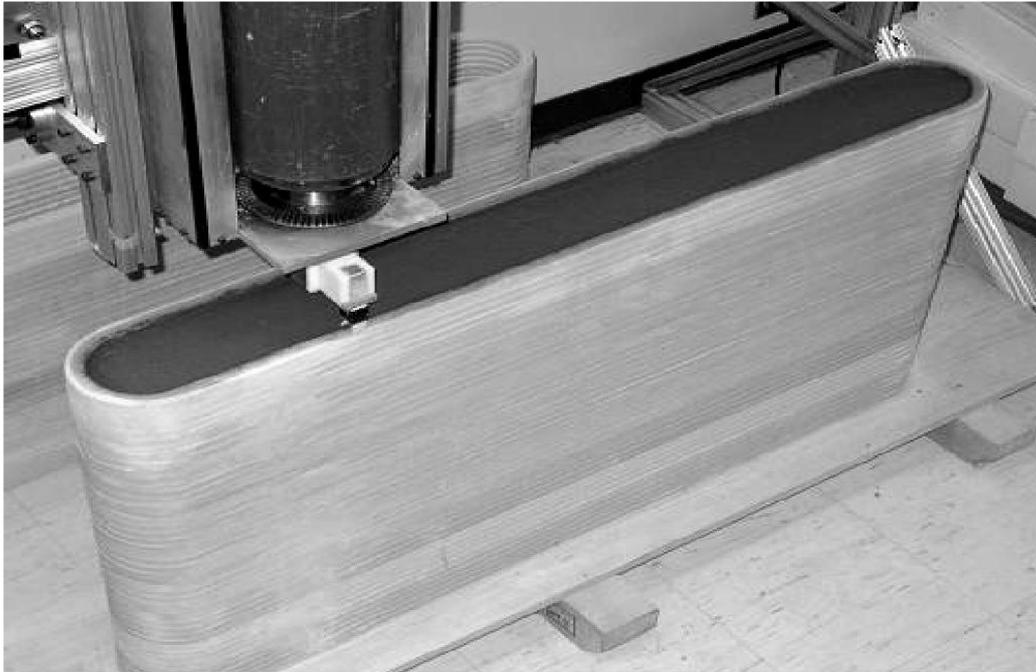
Fonte: Engenharia Livre, 2016

APLICAÇÃO DO CONCRETO NO MOLDE

Conforme ATEX (2017), na aplicação, o que deve ser observado é a forma com que a solução de concreto é colocada na forma. Isso varia de acordo com o tamanho, o índice de esbeltez e a altura da peça.

O adicionamento de concreto na forma de CC necessita de procedimentos diferentes. Uma camada de concreto é adicionada a uma altura de 13 centímetros. Para aplicar a próxima camada é necessário esperar uma hora para controlar a pressão lateral do concreto até dar o processo de cura. Mas caso a necessidade de produção seja maior, a aplicação de aditivos ajuda o concreto a dar o processo de cura mais rápido. Na Figura 11 podemos observar o molde já concretado.

Figura 11 - Forma pré fabricado pela máquina contour crafting concretada.



Fonte: Engenharia Livre, 2016

2.5 BENEFÍCIOS DO CONTOUR CRAFTING

- 2.5.1 **SEGURANÇA:** o número de acidentes de trabalho é comum em obras convencionais, com o CC esse número cai para zero já que a construção é computadorizada e com trabalhadores reduzidos ela não traz perigo no canteiro.
- 2.5.2 **ECONOMIA:** por se tratar de adição por contornos, esquema simplificado, o valor pode diminuir em cerca de quatro vezes do custo de uma obra convencional. Essa economia se baseia em materiais e com maior rapidez de construção.
- 2.5.3 **PRODUTIVIDADE:** Por ser um processo rápido de construção, a contour crafting consegue produzir em média cerca de 10 casas em até 24 horas. Esse método de construção rápida das casas não utiliza o método de moldagem (pré-moldado), pois isso irá reduzir seu

tempo de produção.

2.5.4 SUSTENTABILIDADE: Por se tratar de um processo altamente preciso, a contour crafting tem uma construção ligeiramente sem desperdícios, apontada como parceira do meio ambiente. Além do mais esse processo não emite quaisquer barulho por ser uma máquina eletropneumática ajudando também na emissão de CO² que é um grande déficit na construção civil.

2.5.5 EXECUÇÃO: A máquina poderá utilizar trabalhadores que atualmente seriam dispensados como por exemplo idosos, podendo a máquina trabalhar 24 horas por dia apenas com a sua programação.

2.6 MALEFÍCIO DO CONTOUR CRAFTING

O principal malefício é que o contour crafting vai diminuir drasticamente a quantidade de trabalhadores exigidos em uma construção civil convencional. Apenas pessoas especializadas para executar a operação com a habilidade em computador e no próprio gerenciamento da obra.

2.7 COMPARATIVO ENTRE DRYWALL, ALVENARIA CONVENCIONAL E CONTOUR CRAFTING

Conforme VIANA (2013), o *Drywall* tem como principais desvantagens em relação à alvenaria tradicional a necessidade de se colocar reforços internos na parede para apoiar objetos mais pesados e custo unitário mais elevado que a alvenaria de bloco cerâmico.

Entre suas vantagens podemos citar:

Montagem rápida com obra limpa e seca; ganho de área útil: em um apartamento de 100m², pode-se chegar a 4% de ganho de área útil em decorrência da menor espessura

da parede; diversas opções de acabamento: pinturas, azulejos, mármore, fórmicas etc.; menor peso por m² otimizando o dimensionamento das estruturas e fundações. Uma parede simples pesa em torno de 25kg/m²; adaptabilidade a qualquer tipo de estrutura: madeira, concreto ou aço podendo receber qualquer tipo de fixação de objetos. O comportamento das paredes atende aos critérios de impacto de corpo mole e corpo duro, além das solicitações transmitidas por portas; facilidade na instalação dos sistemas elétricos e hidráulicos; isolamento térmico e acústico excelentes com o uso de uma manta de lã mineral; resistência ao fogo. (VIANA, 2013)

SOUZA, (2009) indica como principais vantagens e desvantagens das alvenarias em blocos de tijolos cerâmicos:

Sua elevada durabilidade, baixo custo unitário, facilidade de fabricação, é um bom isolante termo acústico e não é necessário mão de obra especializada para sua instalação. Tem como desvantagens seu elevado peso, perda de tempo para execução, alta produção de entulho e desperdício de materiais e dificuldade para instalação de tubulações hidráulicas e elétricas.

A tabela 01 que mostra alguns detalhes a mais sobre o comparativo *Drywall*, Alvenaria e o Sistema *Contour Crafting*.

Tabela 01 – Comparativo *Drywall* , Alvenaria e *Contour Crafting*.

	<i>Drywall</i>	Alvenaria	Contour Crafting
Fundações	Menor peso das paredes, redução das estruturas.	Maior peso das paredes, aumento das estruturas.	Maior peso das paredes, aumento das estruturas.
Área útil	Ganho de até 4% em função da espessura das paredes, sem perda de desempenho.	Poucas alternativas de espessura.	Ganho de até 4% em função da espessura das paredes, sem perda de desempenho.

Mão de obra	<p>Maior quantidade de metros quadrados/dia com menor número de trabalhadores. Para fazer 30metros quadrados, dois instaladores trabalham por um dia.</p>	<p>Menos quantidade de metros quadrados/dia com maior número de trabalhadores. Para fazer 30 metros quadrados, dois pedreiros trabalham por sete dias.</p>	<p>Maior quantidade de metros quadrados/dia sem trabalhadores. Para fazer 30metros quadrados, sem trabalhadores demora uma hora e vinte minutos.</p>
Flexibilidade de layout	<p>Paredes podem ser removidas sem afetar a estrutura do edifício.</p>	<p>Quando são estruturais, não podem ser removidas.</p>	<p>Por ser material autodensavel, não poderia ser removível após a secagem.</p>
Desperdício	<p>Perda de no máximo 5% do material.</p>	<p>Perda de até 30 % do material.</p>	<p>0% desperdicio</p>
Transporte	<p>Volume reduzido, racionalização de transporte.</p>	<p>Volume alto. Muitos caminhões rodando .</p>	<p>Volume alto, mas poucos caminhões rodando</p>
Reformas	<p>Redução de tempo e de entulho, obra limpa.</p>	<p>Maior tempo de execução (reboco e secagem) e entulho.</p>	<p>Menor tempo de execução e entulho.</p>

Manutenção	Limpa, com recorte na placa.	Suja, com quebra da parede com marreta e talhadeira.	Sem manutenção, já que é tudo automatizado.
Acabamento	Aceita qualquer acabamento, superfície uniforme.	Aceita qualquer acabamento, mas é necessário fazer correções anteriores.	Aceita qualquer acabamento, superfície uniforme
Meio ambiente	Reciclável.	Mais difícil de reciclar	Depende do material estipulado no projeto

Fonte: Revista: Arquitetura e construção, novembro 2011.

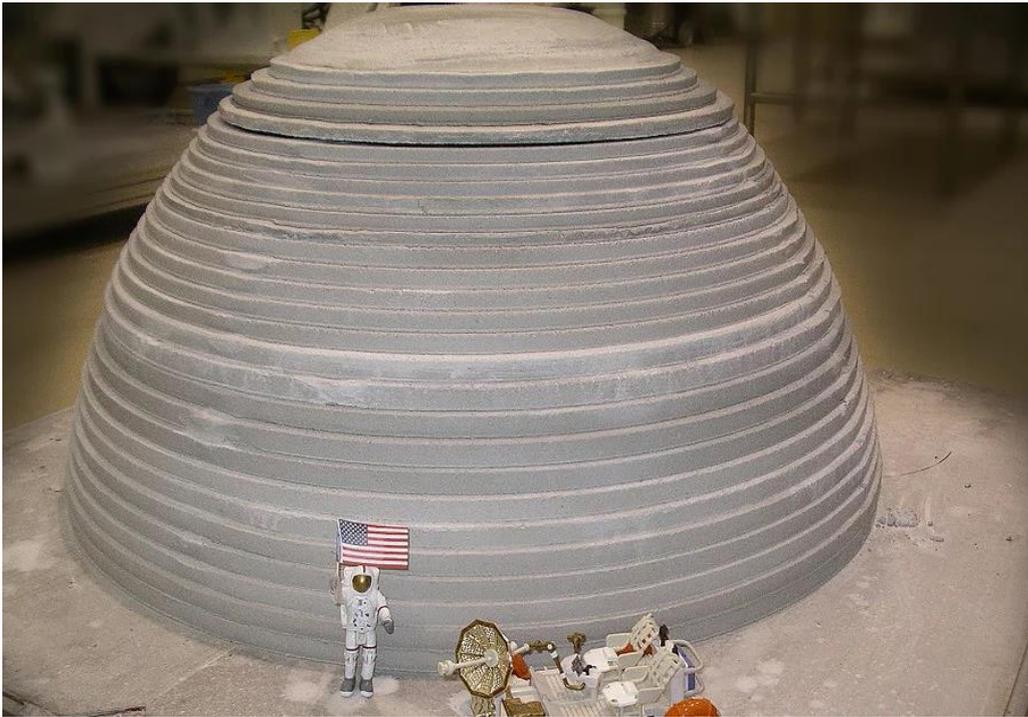
2.8 APLICAÇÕES DO CONTOUR CRAFTING NO ESPAÇO

Estudos comprovam que o método de construção por contornos é o mais eficaz para construção na lua e em Marte.

A tecnologia da Contour Crafting tem o potencial de construir estruturas lunares e marcianas seguras, confiáveis e acessíveis, habitats, laboratórios e outras instalações antes da chegada dos seres humanos. Os sistemas de construção Contour Crafting estão sendo desenvolvidos para explorar os recursos in situ e podem utilizar o regolito lunar como material de construção. Essas estruturas podem incluir blindagem contra radiação integrada, redes hidráulicas, elétricas e de sensores. Sistemas de construção e conjuntos de ferramentas economicamente viáveis e confiáveis estão sendo buscados, examinados e testados para o acúmulo de habitats extraterrestres e infraestrutura. (KHOSHNEVIS 2017).

Um protótipo, em evidência nas Figuras 12 e 13, foi desenvolvido para mostrar como ficaria a construção espacial.

Figura 12 - Experimentos para construções no espaço (Parte externa)



Fonte: KHOSHNEVIS et al. (2017)

Figura 13 - Experimentos para construções no espaço (Parte interna)



Fonte: KHOSHNEVIS et al. (2017)

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve por objetivo apresentar o processo de impressão 3D por contornos na aplicação da construção civil.

Como há uma tendência crescente para a automação da indústria da construção civil como outras indústrias de fabricação, espera-se que a construção automatizada baseada na tecnologia Contour Crafting estabilize seu lugar na indústria da construção, desfrutando de benefícios como redução de mão-de-obra, redução de custos, melhoria da flexibilidade arquitetônica e efeitos ambientais positivos.

No entanto, existem algumas preocupações com relação aos efeitos sociais dessa tecnologia e sua influência no sistema de trabalho e nos empregos relacionados, mas, aparentemente, as melhorias socioeconômicas da tecnologia mencionada obtiveram seus efeitos negativos.

Por se tratar de um assunto tanto quanto novo, impossibilitou a falta de dados sobre custos e qualidade inviabilizando uma análise mais correta entre a comparação de construção convencional. O método também não deixa analisar se essa tecnologia irá ser viável para a construção em grande escala, isso só vai concluir quando realmente a execução do projeto iniciar.

REFERÊNCIAS

ATEX, Brasil. **Concreto aparente: Cuidados, aplicações e Formas. 2017.** Disponível em: <<https://www.atex.com.br/blog/design-e-arquitetura/concreto-aparente-cuidados-aplicacao-e-formas/>>

CONTOUR CRAFTING CORPORATION. **CC Corp**, 2017. Página inicial. Disponível em: <<http://contourcrafting.com/>>.

DAVIES, Sam. **Contour Crafting e QUIKRETE**. TCT MAG. 2020. Disponível em: <<https://www.tctmagazine.com/additive-manufacturing-3d-printing-news/contour-crafting-quickrete-concrete-3d-printing/> figura 6>

GRENZEL, Lucas Yagor dos Santos. **Estudo das técnicas de fabricação aditiva (impressão 3d) e da sua aplicação na construção civil**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, 2019. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/6178/Lucas%20Yagor%20dos%20Santos%20Grenzel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

HWANG, Dooil. **Estudo Experimental de Construção de Parede em Grande Escala usando Contour Crafting**, University of Southern California, 2005. Disponível em: <<https://search.proquest.com/openview/353fcc9e088f3b6346eb645ed3a799ad/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>>

IDEALFORMAS LTDA. **Pilares**. Idealformas Indústria e comércio de formas para concreto. 2003. Disponível em: <<http://www.idealformas.com.br/pilares.html>>

KHOSHNEVIS, B. et al. Contour crafting—a layered fabrication technique. **Special Issue of IEEE Robotics and Automation Magazine**, 2001. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580503000736>>

KHOSHNEVIS, Behrokh et al. **Fabricação em grande escala por elaboração de contornos**. *Jornal Internacional de Engenharia Industrial e de Sistemas*, University of Southern California, 2006. Disponível em: <<https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJISE.2006.009791>>

KHOSHNEVIS, Behrokh. **Contour Crafting: Automated Construction.** Behrokh Khoshnevis at TEDx, 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JdbJP8Gxqog>>

KHOSHNEVIS, Behrokh. **Processo de prototipagem rápida inovadora que torna grande superfície lisa em formas complexas com uma ampla variedade de materiais,** 1998. Disponível em <<http://contourcrafting.com/>>.

KWON, Hongkyu. **Experimentação e análise do processo de contorno (CC) usando materiais cerâmicos não curados,** University of Southern California, 2004. Disponível em: <<https://elibrary.ru/item.asp?id=5984591>>

MOURA, Douglas. **Contour Crafting: a impressão 3D na construção civil.** Engenharia Livre, 2016. Disponível em: <<http://engenharialivre.com/contour-crafting-impressao-3d-na-construcao-civil/>>

ROCHA, Leonardo. **Impressora 3D para fabricar maquetes de casas inteiras.** Arquiteto. TecMundo, 2015. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/impressora3d/81186-arquiteto-utiliza-impressora-3d-fabricar-maquetes-casas-inteiras.htm>>

RODRIGUES, Ricardo. **O que é o Contour Crafting.** Englobra, 2013-2015. Disponível em: <<https://engiobra.com/o-que-e-o-contour-crafting/>>.

SOUZA, Angela Cristina Alves Guimarães de. **Análise comparativa de custos de alternativas tecnológicas para construção de habitações populares.** TEDE Universidade Católica de Pernambuco, 2009. Disponível em: <<http://tede2.unicap.br:8080/handle/tede/895>>

VIANA, Saulo Augusto de Oliveira. **Análise de Custo e Viabilidade Dentre os Sistemas de Vedação de Bloco Cerâmico e Drywall Associado ao Painel Monolite EPS,** ABP Revista, 2013. Disponível em: <http://www.abperevista.com.br/imagens/volume13_01/cap01.pdf>