

MODELOS 3D DO DIAGRAMA DE FASES Fe-Cr-Ni

Roberto Aves Taveira Junior¹, Rodrigo Magnabosco²
Engenharia de Materiais, Centro universitário FEI
roberto-taveira@hotmail.com.br rodrigmagn@fei.edu.br

Resumo: O projeto visa o desenvolvimento de modelos 3D do diagrama Fe-Cr-Ni, para a utilização nas disciplinas MR5020 (Diagramas de equilíbrio – curso de engenharia de materiais) e PME301 (Diagramas de equilíbrio e transformação de fases – mestrado em engenharia mecânica). Para isso foi desenvolvida uma metodologia de modelamento de superfícies a partir de uma gama de pontos, inicialmente para o software SketchUp, que é replicável a quaisquer modelamentos de superfície.

1. Contextualização e síntese da literatura associada

Diagramas de fases em equilíbrio, como o próprio nome já diz, são diagramas que possuem a capacidade de descrever as fases em equilíbrio de sistemas de materiais. Entende-se como fase uma porção de matéria homogênea com propriedades físicas distintas do restante do sistema. [1]

A mistura de dois componentes resulta em um diagrama binário de fácil visualização e interpretação, no entanto a mistura de três ou mais componentes resulta em prismas complexos de difícil visualização e interpretação.

A figura 1 a seguir demonstra um exemplo de diagrama ternário, ou seja, de um diagrama formado por três componentes, onde se pode averiguar a complexidade do diagrama formado e a dificuldade de interpretar o comportamento deste sistema.

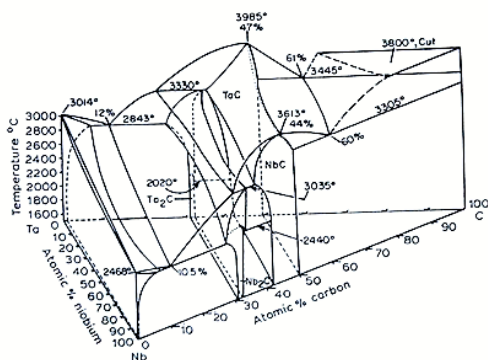


Figura 1: Representação tridimensional da superfície liquidus do sistema Nb-C-Ta.

Estes diagramas são de extrema importância quando deseja-se trabalhar com ligas ou misturas e entender como a temperatura, a pressão e a composição química afetarão o estado físico do sistema.

No exemplo da figura 1 o diagrama Nb-C-Ta foi desenvolvido para uma pressão fixa, estudando a variação apenas da composição dos três componentes e a mudança da temperatura. Nota-se que os eixos de composição variam de 0 a 100 para todos os componentes de forma que seja possível realizar a

leitura do gráfico para uma mistura de apenas dois componentes, neste caso a leitura será feita na lateral do prisma, ou seja, verifica-se que as laterais do prisma correspondem aos binários possíveis para a mistura dos três componentes.

Devido à importância destes diagramas é comum a confecção de objetos que os representem, no entanto, estes objetos nunca foram produzidos com alta precisão e a confecção dos mesmos para sistemas de maior complexidade é inviável.

Atualmente os principais softwares de cálculo termodinâmico tem a capacidade de calcular com alta precisão a localização dos pontos que constituem estes diagramas fornecendo as linhas que compõem estes sistemas, no entanto nenhum deles tem poder computacional para gerar modelos semelhantes com eficiência para consulta e visualização.

Desta forma é possível encontrar as linhas que compõem estes sistemas através dos softwares de cálculo termodinâmico e com o auxílio de ferramentas de engenharia reversa e de softwares de modelamento tridimensional confeccionar tais modelos.

2. Metodologia

Inicialmente buscou-se na teoria a superfície liquidus do diagrama Fe-Cr-Ni, para extrair seus dados e confeccionar o diagrama ternário.

A extração dos dados foi realizada de duas formas. Primeiramente através do arquivo executável *Leitor*, o qual permite a seleção manual de pixels de uma imagem e converte os pixels selecionados em pontos do gráfico a partir de padrões pré-estabelecidos, a seguir na figura 2 é possível visualizar o *Leitor* em funcionamento para o ternário Fe-Cr-Ni.

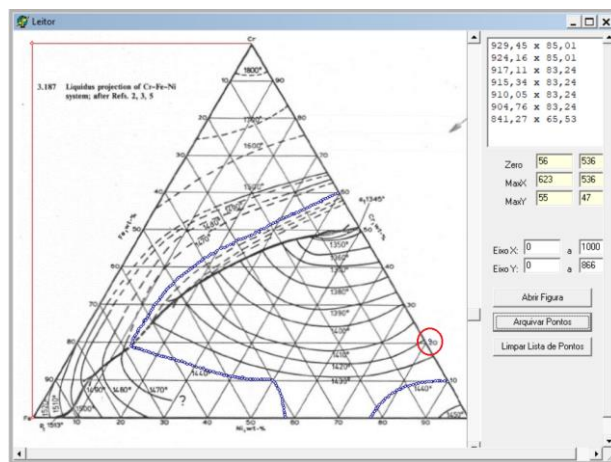


Figura 2: Seleção dos pontos que formam a isoterma de 1440°C, através do Leitor.

A segunda forma de extração de dados foi feita posteriormente através da ferramenta *WebPlorDigitizer*

encontrada no site <https://apps.automeris.io/wpd/>, que permite a extração dos dados de forma semiautomática e seu funcionamento pode ser visto a seguir na figura 3.

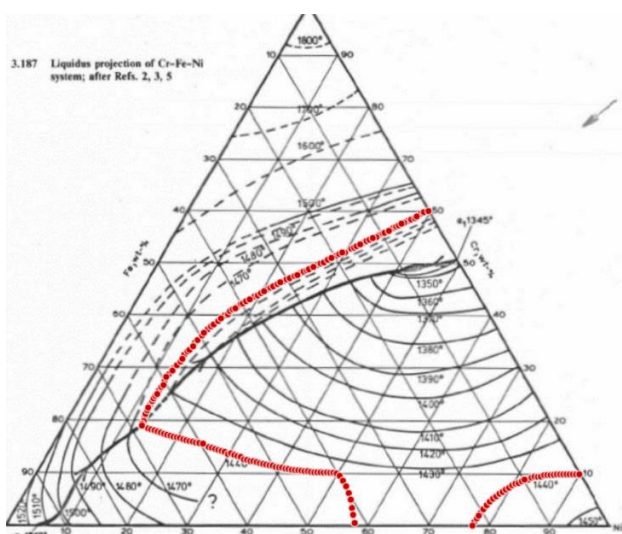


Figure 3: Seleção semiautomática dos pontos que formam a isoterma do 1440°C através do site <https://apps.automeris.io/wpd/>.

Tendo a nuvem de pontos levantada transferiu-se os dados para o *Excel* a fim de organizá-los e verificar a qualidade da seleção de dados, como pode ser visto na figura 4.

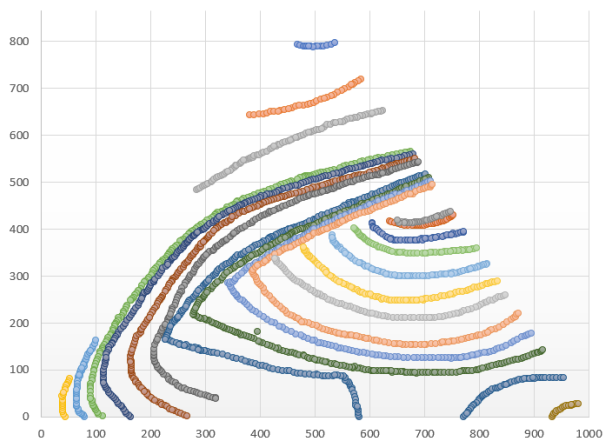


Figure 4: Resultados da seleção de pontos feita através do segundo método de seleção de dados.

Com o auxílio da extensão *Total Station Point Importer* as linhas que compõem o diagrama foram transportadas para o SketchUp uma a uma.

Para conectar os pontos e formar as linhas que compõem a superfície liquidus utilizou-se a extensão *Eneroth Point Connector*.

A seguir conectou-se as linhas formadas e modelou-se os planos formados entre cada intervalo de linha, gerando assim a superfície liquidus do diagrama Fe-Cr-Ni.

Através do *ThermoCalc* foram levantados os binários deste sistema, ou seja, as laterais deste prisma. A mesma metodologia explicada anteriormente foi aplicada nas laterais do prisma e posteriormente conectadas a superfície gerando assim o modelo final.

3. Resultados e Conclusões

Na figura 5 pode-se verificar o modelo gerado pela metodologia descrita no item anterior.

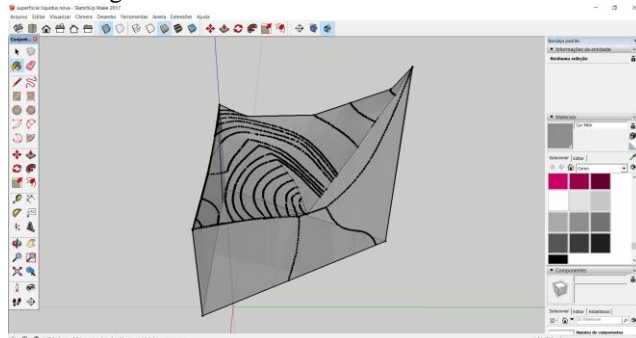


Figure 5: Sketch-Up em funcionamento durante a etapa final de modelamento da superfície liquidus.

A partir do modelo visto na figura 5, modelou-se outros dois modelos, um de pequenas dimensões para ser utilizado como chaveiro, e outro de grandes dimensões para ser utilizado em sala de aula como material auxiliar de visualização.

Os modelos descritos anteriormente podem ser vistos na figura 6 já produzidos por impressão 3d, nota-se que nos modelos de chaveiro a ponta superior do diagrama (pico de cromo) foi removida e um aro foi adicionado ao mesmo. No modelo maior os binários foram nomeados e a superfície liquidus teve alguns patamares de temperatura demarcados.



Figure 6: Ternários após impressão 3d em ABS.

4. Referências

- [1] Porter, D. A., Easterling, K. **Phase Transformations in Metals and Alloys**. 2. ed. CRC Press.2009.

Agradecimentos

Agradeço ao Centro universitário FEI por aprovar o projeto e fornecer as condições necessárias para realização do mesmo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Magnabosco e ao técnico Samuel Monteiro Junior por me auxiliarem no desenvolvimento deste projeto.

¹ Aluno de Iniciação Didática (ProBid) do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 02/18 a 01/19.