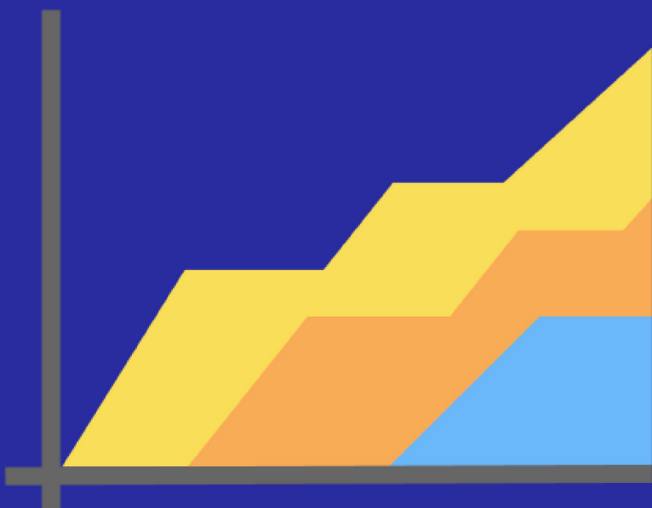


DIAGRAMA DE FLUXO CUMULATIVO

uma ferramenta valiosa
para melhorar o fluxo de
trabalho



Paulo
Caroli

Diagrama de Fluxo Cumulativo

Paulo Caroli

Esse livro está à venda em

<http://leanpub.com/diagramadefluxocumulativo>

Essa versão foi publicada em 2018-08-16



Leanpub

Esse é um livro [Leanpub](#). A Leanpub dá poderes aos autores e editores a partir do processo de Publicação Lean. [Publicação Lean](#) é a ação de publicar um ebook em desenvolvimento com ferramentas leves e muitas iterações para conseguir feedbacks dos leitores, pivotar até que você tenha o livro ideal e então conseguir tração.

© 2018 Paulo Caroli

Conteúdo

Uma ferramenta valiosa	1
Interpretando o CFD	3
A fazer / Fazendo / Feito	6
Quando estará pronto?	7
Mudança no escopo	9
Trabalho em Andamento (WIP)	10
Tempo de atravessamento (Lead Time)	12
Taxa de transferência (Throughput)	14
Lei de Little	16
Vamos para as contas	18
Então, como funciona isso?	18
Tempo de Ciclo (Cycle Time)	21
Estabilizando o sistema	23
Sistema Puxado	24
Sistema Estável	26

CONTEÚDO

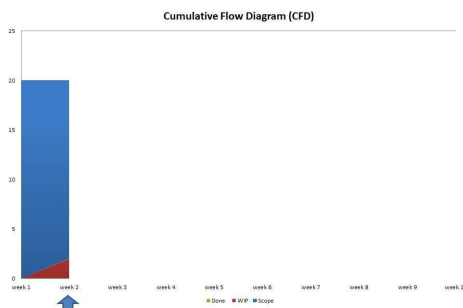
Estabilidade no sistema	27
Sobre Paulo Caroli	31
Sobre a Editora Caroli	32

Uma ferramenta valiosa

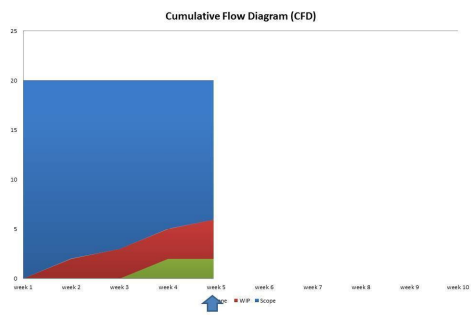
O Diagrama de Fluxo Cumulativo é uma ferramenta valiosa de gerenciamento para: 1) rastrear e prever a realização de itens do trabalho; e 2) indicar a necessidade de agir sobre o fluxo e o processo de melhoria.

O Diagrama de Fluxo Cumulativo (ou em Inglês *Cumulative Flow Diagram*, e por isso abreviado para CFD) fornece uma representação gráfica do andamento do trabalho no sistema, esclarecendo gargalos, e alertando sobre possíveis instabilidades do sistema. É uma ferramenta simples, porém muito informativa, que descreve o trabalho em andamento (WIP – Work in Progress, em inglês), taxa de entrada, taxa de saída, tempo de atravessamento, taxa de transferência, tempo decorrido, trabalho completo, trabalho restante e escopo total do trabalho.

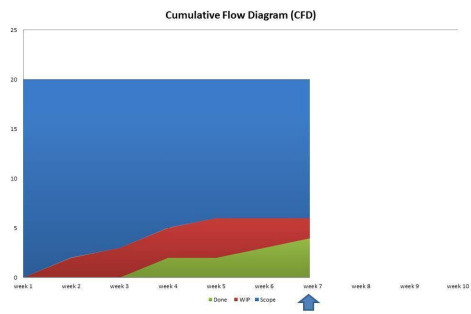
Abaixo, uma sequência que mostra CFDs nas primeiras nove semanas de um projeto.



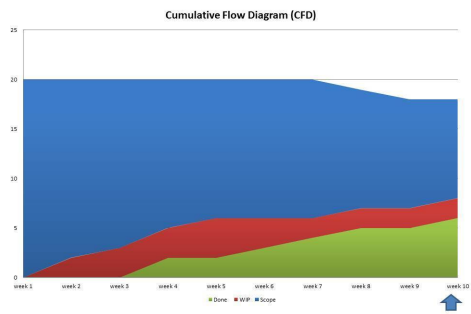
CFD na semana 2



CFD na semana 5



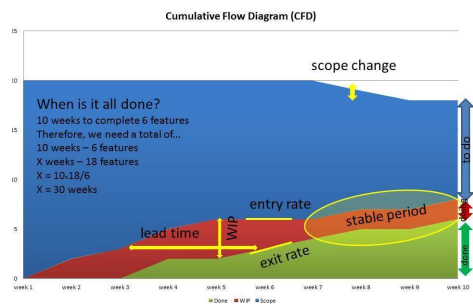
CFD na semana 7



CFD na semana 10

Interpretando o CFD

Abaixo, está um CFD com muitos de seus parâmetros. Cada um deles será explicado em detalhes nas próximas seções.



parâmetros de fluxo em um Diagrama de Fluxo Cumulativo

Antes de tudo, você deve entender como o CFD é construído. O CFD apresentado é construído baseado em uma tabela que é atualizada semanalmente. Abaixo, está a tabela com seu CFD correspondente.

time	Scope	WIP	Done
week 1	20	0	0
week 2	18	2	0
week 3	17	3	0
week 4	15	3	2
week 5	14	4	2
week 6	14	3	3
week 7	14	2	4
week 8	12	2	5
week 9	11	2	5
week 10	10	2	6

modelo em Excel do CFD

Essa tabela descreve o fluxo de trabalho do sistema como: *escopo* -> *WIP* -> *pronto*; ou, em outras palavras, *a fazer* -> *fazendo* -> *feito*.

Muitas ferramentas constroem o CFD automaticamente para você, poupando o trabalho manual para a criação do mesmo. Entretanto, para o seu aprendizado, eu recomendo que você construa um CFD simulando o que acontece em um projeto real. O CFD apresentado neste artigo foi gerado pelo Excel. Você pode fazer o download deste modelo em <http://www.caroli.org/cumulative-flow-diagram/>.

Itens de trabalho

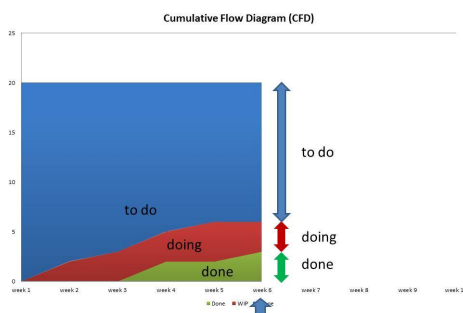
O número em cada célula da tabela apresentada representa a quantidade de itens de trabalho naquela etapa para tal semana. É importante esclarecer que o item de trabalho é uma unidade que faz sentido para quem vai ler o CFD. Exemplos comuns de itens de trabalho na área de desenvolvimento de software são: funcionalidades, ponto de função, histórias, ponto de

histórias, bugs, tarefas. Outra consideração essencial é que não se misture diferentes itens de trabalho em um mesmo CFD. Ou seja, um CFD de funcionalidades deve conter somente funcionalidades, enquanto que um CFD de pontos de histórias deve conter somente pontos de histórias.

A fazer / Fazendo / Feito

Apesar de os CFDs poderem e serem comumente usados para fluxos de trabalho com muitas fases, eu recomendo começar com um simples fluxo *a fazer* -> *fazendo* -> *feito* para entender completamente o CFD. Depois, quando você já tiver dominado o CFD e sentir a necessidade de mais dados, considere dividir a fase “fazendo” em um fluxo de trabalho mais detalhado.

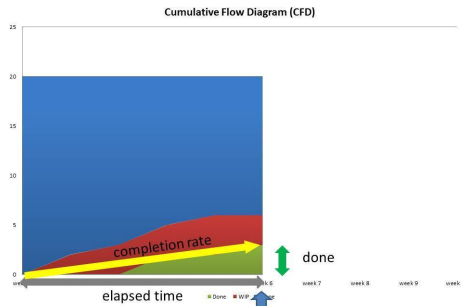
A quantidade de trabalho em relação aos itens a fazer / fazendo / feito é descrita no CFD na imagem abaixo.



A fazer / fazendo / feito no CFD

Quando estará pronto?

Quando todo o trabalho estará pronto? Esta é a pergunta mágica que todo mundo tenta responder. Ao usar o CFD, há duas maneiras simples de responder a essa questão: 1) graficamente; ou 2) matematicamente.



taxa de conclusão

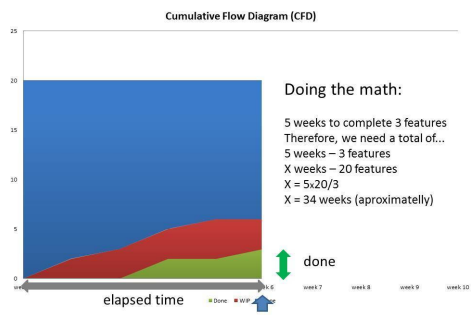
Neste momento específico (representado pela seta azul na semana 6), você sabe a quantidade de trabalho que está pronta, e você sabe o tempo decorrido. Com esses dois parâmetros, você pode desenhar a linha da taxa de conclusão (a seta amarela na próxima figura). Você tem que responder a questão estendendo a linha da taxa de conclusão até que ela alcance o total da linha do escopo de trabalho.

Apesar de você poder fazer isso graficamente, eu prefiro fazer matematicamente, utilizando a regra de três.

A regra de três:

“A regra de três, na matemática, é uma forma de se descobrir uma quantidade que tenha para outra conhecida a mesma

relação que têm entre si entre outros dois valores numéricos conhecidos.” (Wikipédia)

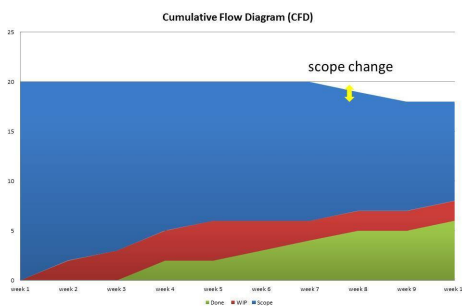


regra de três

Mudança no escopo

A linha do escopo é a linha horizontal que computa o total de itens de trabalho. Essa linha é claramente definida e deve mudar apenas quando os itens de trabalho são adicionados ou removidos do escopo de trabalho.

O escopo total do CFD deve computar todos os itens de trabalho do sistema, sejam eles já feitos, em andamento, ou a fazer. Se um novo item de trabalho surge, ele deve ser adicionado no escopo de trabalho total e a linha de trabalho total deve ser ajustada. Dessa forma, a nova linha torna fácil identificar quando um trabalho está sendo adicionado. A linha de escopo também monitora quando itens de trabalho estão sendo removidos. Este cenário é ilustrado na figura abaixo.



o escopo foi reduzido

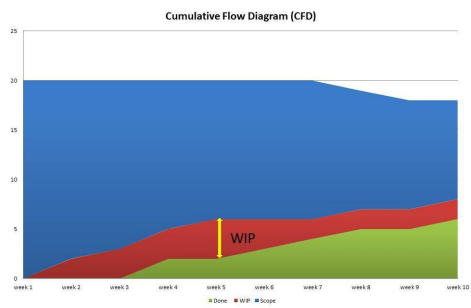
Trabalho em Andamento (WIP)

O trabalho em andamento (WIP – Work in Progress, em inglês), é o número de itens de trabalho atualmente em andamento. Por exemplo, o cenário da figura abaixo tem um Kanban com WIP de um: três itens de trabalho estão na fase “a fazer”, um está sendo trabalhado (WIP), e quatro itens já estão feitos.



modelo kanban: a fazer / fazendo / feito

No CFD, o WIP em um momento é a altura da linha vertical para a área WIP em um dado momento. A figura abaixo representa o WIP na semana 5.



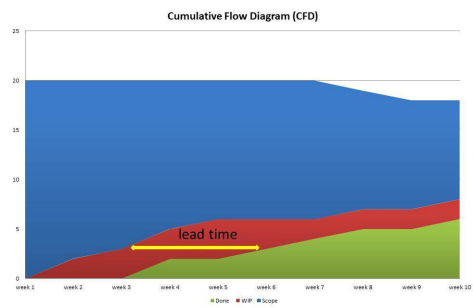
WIP no CFD

Tempo de atravessamento (Lead Time)

O tempo de atravessamento (Lead Time, em inglês) é o tempo entre o item de trabalho ser adicionado no sistema (fase “fazendo”) e ele sair do sistema (trabalho completado; a fase “feito”). Para o Kaban a fazer / fazendo / feito apresentado anteriormente, o tempo de atravessamento é o tempo que leva para completar o item de trabalho (e apenas este dado que o WIP é um) na fase “fazendo”.

Como acontece frequentemente, mais de um item estará em andamento na fase “fazendo”. Por esta razão, normalmente a questão a ser respondida é: em média, quanto tempo leva para concluir um item de trabalho?

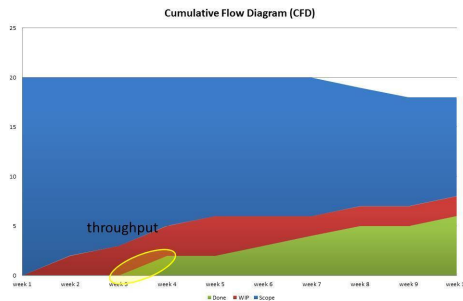
A resposta para essa pergunta é descrita no CFD. A imagem abaixo mostra uma linha horizontal representando o tempo de atravessamento: quanto tempo leva para um item de trabalho passar pelo sistema? Ou, fazendo a mesma pergunta com outras palavras: quanto tempo leva para um item de trabalho ir da fase “fazendo” para a fase “feito” (da área azul para a área verde no CFD)?



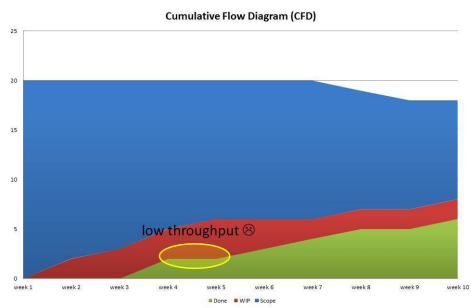
tempo de atravessamento no CFD

Taxa de transferência (Throughput)

A taxa de transferência –Throughput em Inglês– é a vazão (quantidade por tempo) dos itens de trabalho passando no sistema. No CFD, a taxa de transferência é descrita pelo ângulo da linha dos itens de trabalho concluídos (a linha entre as áreas verde e vermelha). Abaixo, duas imagens com duas marcas no CFD, comparando dois momentos distintos; o segundo tem uma taxa de transferência bem mais baixa.



taxa de transferência no CFD no momento 1



taxa de transferência no CFD no momento 2

Lei de Little

Lei de Little: *O número médio de itens de trabalho em um sistema estável é igual à sua taxa de conclusão, multiplicado pelo tempo médio no sistema.* ~ John Little, 1961

O texto acima é de *A proof for the Queuing Formula*, de John Little (1961). É conhecido como a Lei de Little.

John Little estudou e provou a relação entre o WIP e o tempo de atravessamento. Como se vê, é uma simples equação de primeiro grau. E ao resolver essa equação você é capaz de encontrar o tempo médio para os itens de trabalho em seu sistema.

Meu bar de whisky mostra um bom exemplo de sistema estável para ilustrar como você pode aplicar a Lei de Little para entender e monitorar o WIP, a taxa de transferência e o tempo de atravessamento.



bar de whisky

Eu e minha esposa temos um acordo. O lado direito do bar é meu, e o lado esquerdo é dela. Eu só bebo whisky. No meu lado do bar, cabem 12 garrafas de whisky.

Sempre que uma garrafa acaba, eu a removo do bar. Então abro uma nova, e a adiciono ao bar. Meu bar é um sistema estável: a taxa de entrada das garrafas é igual a taxa de saída delas.

O número de garrafas de whisky no meu bar é constante: 12 garrafas. Por ano, eu termino, em média, 6 garrafas de whisky. Então, qual é o tempo médio que uma garrafa de whisky permanece no meu bar?

Vamos para as contas

$WIP = T \times L$, ou seja, o número médio de itens de trabalho em um sistema estável (WIP) é igual à taxa média de conclusão (T) x tempo médio no sistema (L)

Usando os termos do bar de whisky: 12 garrafas (WIP, ou número de garrafas de whisky no bar) = 6 garrafas/ano (Taxa de transferência, ou taxa média de conclusão) x Tempo de atravessamento, ou tempo médio de permanência no bar.

$12 \text{ garrafas} = 6 \text{ garrafas/ano} \times \text{Tempo de atravessamento.}$

Dessa forma, temos que o tempo médio que uma garrafa fica no bar é de 2 anos.

É contraintuitivo! Você viu a fórmula e teve a resposta, mas você tinha em mente 2 meses. Dois meses, e não dois anos!

Essa é uma confusão comum. Quando você lê que uma média de 6 garrafas são terminadas por ano, você deve ter feito um simples cálculo: 6 garrafas por ano é igual a uma garrafa a cada dois meses. E seria 2 meses para uma dada garrafa, se no bar coubesse apenas uma garrafa.

Pense. O consumo de whisky não é apenas de uma garrafa. Todas estão abertas e sendo consumidas. Se apenas um copo é servido, uma garrafa tem seu conteúdo diminuído, enquanto as outras 11 não se movem. E o bar tem 12 garrafas abertas.

Então, como funciona isso?

Ter menos garrafas no bar significa que cada garrafa terminará mais rápido. Como descrito, por ano, 6 garrafas são esvaziadas. Mas o bar comporta 12 garrafas. Isso certamente afeta o tempo médio de espera.

Por um momento, esqueça da Lei de Little. Vou contar outro episódio. Whisky é bom para o coração. Por esta razão, eu bebo uma pequena quantidade todo dia. Para essa comparação, considere que o meu hábito de beber é bem constante.

No último verão, eu fui para uma casa de praia, onde passei dois meses. Eu levei algumas roupas, meu laptop (para trabalhar remotamente e escrever sobre este tópico) e uma garrafa de whisky. Como o carro estava cheio, eu não ia levar todo o bar. Eu escolhi uma garrafa lacrada e a levei comigo.

Na mosca! Aquela garrafa estava vazia em exatos 2 meses. Então, o que aconteceu?

É simples, e John Little provou isso muito bem. O WIP, ou trabalho em andamento, na casa de praia era 1; apenas uma garrafa. A taxa de transferência era a mesma: 6 garrafas por ano. Mais uma vez, em uma conta simples:

$WIP = T \times L$, ou, em outras palavras, número médio de itens de trabalho em um sistema estável (WIP) é igual à taxa média de conclusão (T) x tempo médio no sistema (L)

Usando os números do bar da casa de praia: 1 garrafa (WIP, ou número de garrafas no bar) = 6 garrafas/ano (Taxa de transferência, ou taxa média de conclusão) x **Tempo de atravessamento**, ou tempo médio no bar.

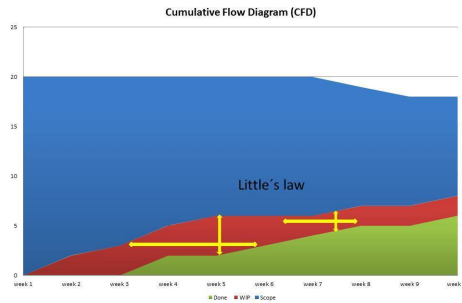
1 garrafa = 6 garrafas/ano x **Tempo de atravessamento**

Dessa forma, o tempo médio que uma garrafa fica no bar é de 2 meses (1/6 de um ano).

$WIP = T \times L$; o tempo de atravessamento médio é diretamente proporcional ao WIP, e esta relação é a taxa de transferência. Como provado no exemplo do bar de whisky, menos WIP significa entrega mais rápida de itens de trabalho (garrafas de whisky). Menos significa mais rápido!

Ok, eu tenho certeza que você já está cansado de matemática nesse momento. O CFD mostra a mesma coisa. A próxima figura mostra

o CFD tanto com a representação do WIP como com a do tempo de atravessamento em dois diferentes momentos. Nela, você vai ver a questão principal da Lei de Little: WIP menor representa tempo de atravessamento mais curto.



Lei de Little no CFD

Note que o CFD apresentado foi tirado de um projeto real, provando o ponto: uma vez que o WIP foi reduzido, o tempo de atravessamento médio também o foi.

Tempo de Ciclo (Cycle Time)

O tempo de ciclo é o período necessário para concluir um ciclo de trabalho. Novamente, eu vou utilizar o meu bar de uísque e na Lei de Little para explicar este conteito.

No capítulo anterior eu apresentei a fórmula da Lei de Little em termos de WIP, Taxa de Transferência e Tempo de Atravessamento, como segue:

$$\text{WIP} = \text{Taxa de Transferência} \times \text{Tempo de Atravessamento}$$

Abaixo está uma fórmula equivalente à Lei de Little:

$$\text{WIP} \times \text{Tempo de Ciclo} = \text{Tempo de Atravessamento}$$

Ambas as fórmulas têm WIP e Tempo de Atravessamento. A diferença, na segunda, o parâmetro Tempo de Ciclo em vez da Taxa de Transferência, posicionado no lado diferente da equação, demonstrando que o Tempo de Ciclo e a Taxa de Transferência são recíprocos.

De volta ao exemplo do bar de uísque. Vamos considerar um cenário mais simples: um bar com apenas uma garrafa de uísque (WIP = 1). Eu termino uma garrafa de uísque em 2 meses (Tempo de Atravessamento = 2 meses).

Calculando a Taxa de Transferência:

$$\text{WIP} = \text{Taxa de Transferência} \times \text{Tempo de Atravessamento}$$

$$\text{Taxa de Transferência} = \text{WIP} / \text{Prazo de execução}$$

$$\text{Taxa de Transferência} = 1 \text{ garrafa} / 2 \text{ meses}$$

A Taxa de Transferência é uma garrafa em dois meses.

Calculando o Tempo de Ciclo:

$WIP \times \text{Tempo de Ciclo} = \text{Prazo de Execução}$

$\text{Tempo de Ciclo} = \text{Tempo de Atravessamento} / WIP$

$\text{Tempo de Ciclo} = 2 \text{ meses} / 1 \text{ garrafa}$

O Tempo de Ciclo é de dois meses por garrafa.

Isso exemplifica como o Cycle Time e o Taxa de Transferência são recíprocos um ao outro e mostra suas unidades: itens de trabalho por período de tempo (Taxa de Transferência) e tempo decorrido por item de trabalho (Tempo de Ciclo).

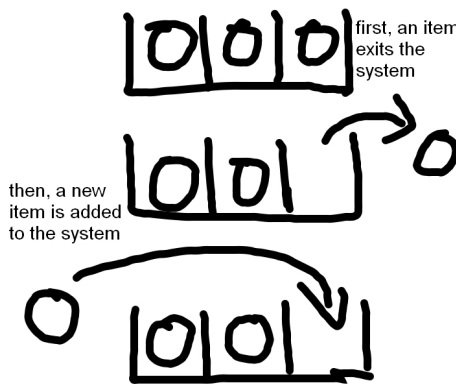
Estabilizando o sistema

*Sempre que uma garrafa termina, ela é removida do bar.
Então, uma nova é aberta e colocada no bar.*

Esta frase descreve como as garrafas de whisky são removidas e adicionadas ao bar. Nela, encontramos dois conceitos de sistema importantes: Sistema Puxado e Sistema Estável.

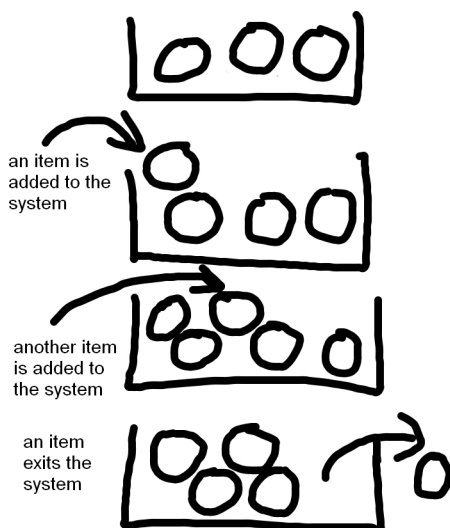
Sistema Puxado

O Sistema Puxado descreve o movimento de itens de trabalho guiados pela demanda. No exemplo do bar, uma garrafa terminada abre uma vaga no bar. Assim, cria uma demanda para uma nova garrafa ser aberta e colocada no bar. Essencialmente, o movimento dos itens de trabalho (garrafas de whisky) é guiado pela demanda vigente: uma garrafa é removida do bar, abrindo espaço para uma nova que será prontamente adicionada ao bar, ocupando o espaço vazio.



Sistema Puxado

A manufatura *lean* descreve o Sistema Puxado em relação a um produto, que é puxado pelo sistema em vez de empurrado por ele. Um exemplo de um Sistema Empurrado seria adicionar garrafas ao bar sem que nenhuma garrafa tenha sido removida dele. Basicamente, novas garrafas seriam adicionadas sem qualquer demanda (espaço no bar) ser criada.



Sistema Empurrado

Nos anos 80, a Ford Motors e a Toyota eram grandes exemplos de sistemas empurrados e sistemas puxados, respectivamente. Seguindo um sistema empurrado, a Ford produzia grandes quantidades de carros que ficavam nos pátios das fábricas e lojas esperando pelos clientes. Por outro lado, seguindo um Sistema Puxado, a Toyota focava na manufatura rápida de um carro customizado, assim que uma nova demanda era requerida por um cliente fazendo uma compra.

Sistema Estável

O bar de whisky é um sistema estável: a taxa de entrada de garrafas no bar é a taxa de saída das mesmas. Simples assim!

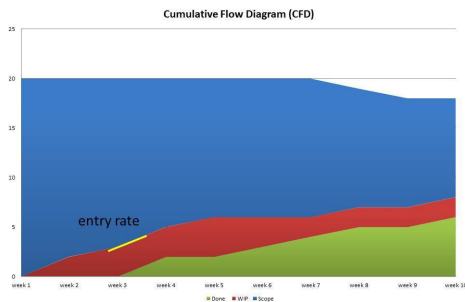
*Um sistema estável é um sistema para o qual a taxa de entrada se iguala à taxa de saída*¹.

John Little definiu sistema estável em sua pesquisa e trabalhos sobre medições e melhorias de processos.

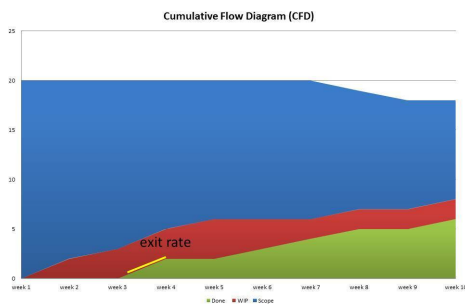
¹A Proof for the Queuing Formula, por Little J. D. C. (1961)

Estabilidade no sistema

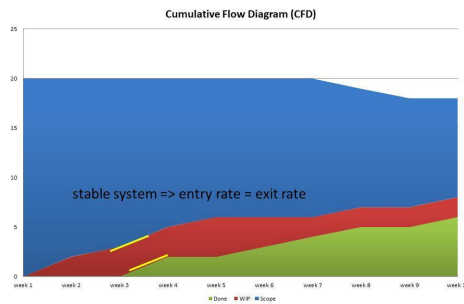
O CFD é seu melhor aliado para estabilizar o sistema. Nele, você pode claramente visualizar as taxas de entrada e saída. As próximas três imagens retratam: 1) a taxa de entrada, isto é, a taxa na qual os itens estão sendo adicionados ao sistema; 2) a taxa de saída, isto é, a taxa na qual os itens estão saindo do sistema; e 3) um sistema estável, em que a taxa de entrada se iguala à taxa de saída.



taxa de entrada no CFD

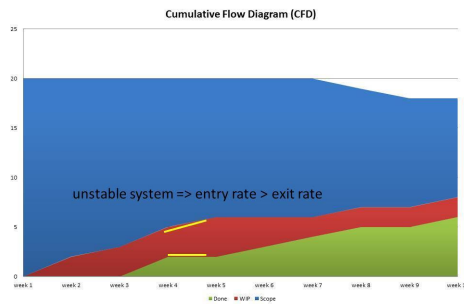


taxa de saída no CFD

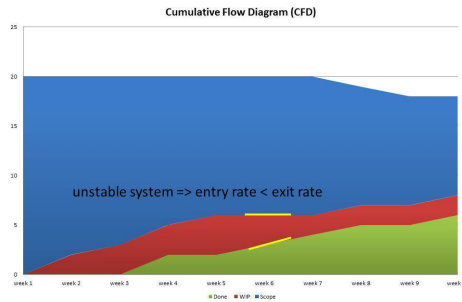


sistema estável no CFD

Enquanto as taxas de entrada e saída não forem iguais, o sistema estará instável. As próximas duas imagens mostram dois momentos em que o sistema está instável. No primeiro, a taxa de entrada está maior que a taxa de saída, fazendo com que o WIP aumente e o sistema fique em risco de sobrecarga. Na segunda imagem, a taxa de saída é maior que a de entrada, fazendo com que o WIP diminua e o sistema fique em risco de ficar sem itens de trabalho.

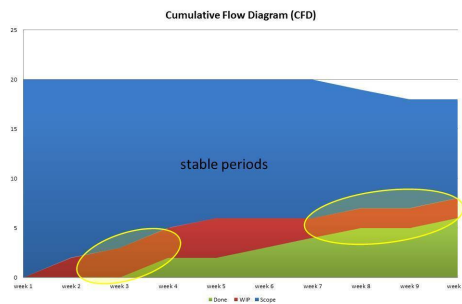


sistema instável: sobrecarga

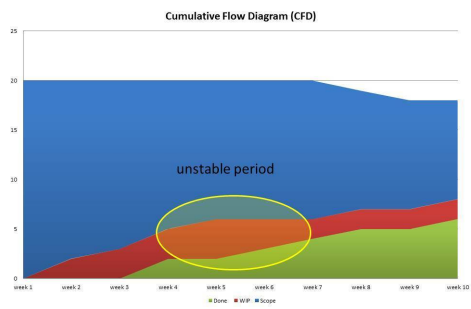


sistema instável: pouco trabalho

Nestes CFDs, você pode, mais uma vez, perceber a Lei de Little: reduzir o WIP reduz o tempo de atravessamento. Note que o modelo do CFD tem dados de um projeto real. Períodos instáveis acontecem. O ponto principal é que o CFD é uma ferramenta para perceber e agir sobre a instabilidade. As duas figuras seguintes demonstram o projeto-modelo. Ele começou estável, passou por um momento de instabilidade (no qual o time agiu sobre ele), e então seguiu para outro período estável.



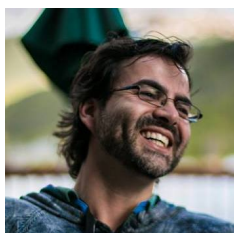
períodos estáveis no CFD



período instável no CFD

Sobre Paulo Caroli

Consultor principal da Thoughtworks Brasil e cofundador da AgileBrazil, Paulo Caroli possui mais de vinte anos de experiência em gestão e desenvolvimento de software, com passagem em varias corporações no Brasil, Índia e EUA . Em 2000, conheceu o Extreme Programming e, desde então, tem mantido seu foco em processos e práticas de gestão e desenvolvimento ágil. Ingressou na ThoughtWorks em 2006 e ocupou os cargos de agile coach, treinador, e Gerente de Projetos. Possui os títulos de Bacharel em Ciência da Computação e MS em Engenharia de Software, ambos da PUC - Rio. Autor dos Livros "Lean Inception: How to Align People and Build the Right Product" , e "Fun Retrospectives: Activities and Ideas for Making Agile Retrospectives More Engaging".



Paulo Caroli

Acompanhe Paulo Caroli no seu site e nas redes sociais:



www.caroli.org



twitter.com/paulocaroli



facebook.com/paulo.caroli



linkedin.com/in/paulocaroli



youtube.com/paulocaroli

Sobre a Editora Caroli

A Editora Caroli nasceu em 2017, quando Paulo Caroli decidiu realizar todos os passos desde escrever um livro a impressão e venda do mesmo. Este livro é O Mistério do Colégio Alipus.

Paulo Caroli segue muito do seu aprendizado no Vale do Silício para a criação de conteúdo e publicação de livros. Com um estilo Lean StartUp (construir fazendo) nasceu a Editora Caroli.

Caroli constituiu uma editora para publicar seus livros e para ajudar a publicar livros de amigos.

WIP (*Writing In Progress*)

A Editora Caroli apresenta uma nova proposta de trabalho, aproximando autores dos seus leitores desde o início da geração do conteúdo. Porque esperar o autor terminar de escrever para ver se o conteúdo é bom? No mundo atual isso não faz mais sentido. Então a Editora Caroli promove o compartilhamento (gratuito sempre que possível) do WIP (*Writing In Progress*) através dos formatos eBook (pdf, mobi e epub). Desta forma, leitores tem acesso rápido as novas ideias, e podem fazer parte da evolução da obra. Para os autores, esse é uma forma efetiva de feedback e motivação para a geração de conteúdo.

Este e outros eBooks estarão disponíveis no site <http://caroli.org>