



## **APLICAÇÃO DE METODOLOGIA ÁGIL DE GESTÃO DE PROJETOS EM PESQUISA INDUSTRIAL APLICADA**

### **APPLICATION OF AN AGILE METHODOLOGY FOR THE MANAGEMENT OF APPLIED INDUSTRIAL RESEARCH PROJECTS**

**ÁREA TEMÁTICA: INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E EMPREENDEDORISMO**

Caio Moldenhauer Peret, Galleon Consultoria, Brasil, caio.peret@galleon-eng.com

#### **Resumo**

As pesquisas industriais trazem, por definição, a descoberta de dados inesperados, que se apresentam como novas questões a serem respondidas, ou oportunidades a serem exploradas. As Metodologias Ágeis de Gestão de Projetos representam vantagens em relação à adaptabilidade e aceitação de mudanças, porém têm sido aplicadas sobretudo para desenvolvimento de software. O presente artigo apresenta uma experiência real de aplicação desse tipo de metodologia, baseada em SCRUM, para o desenvolvimento de uma nova tecnologia para a empresa, que consistia de um sistema de controle bivolt de alta potência. O projeto incluiu o desenvolvimento de três conceitos alternativos de tecnologia, a definição de uma metodologia de validação e sua aplicação para os conceitos em questão. Os três conceitos mostraram-se viáveis, e a metodologia empregada estimulou o atingimento dos resultados, tendo sido empregada em seguida em outros projetos da empresa, mesmo sem a presença do responsável pela implantação.

**Palavras-chave:** metodologias ágeis; gestão de projetos; pesquisa industrial

#### ***Abstract***

The industrial research projects bring, by definition, the discovery of unexpected data, which present themselves as new questions to be answered, or opportunities to be explored. The Agile Methodologies for Project Management represent advantages in regard to adaptability and acceptance of change, but have been used mostly for software development endeavors. This article presents a real life experience of the application of such kind of methodology, based on Scrum, for the development of a new technology for the company, which consisted of a dual voltage control system for high power. The project included the development of three alternative concepts for this technology, the design of a validation method, and its application for the concepts at hand. The three concepts have shown to be viable, and the employed methodology stimulated the attainment of the results, and was subsequently applied in other projects, even without the presence of the person responsible for its implementation.

**Keywords:** agile methodologies; project management; industrial research

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Métodos ágeis de gestão de projetos**

Em uma grande parte das empresas, assim como nas universidades, a gestão de projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e produtos físicos ainda segue um modelo tradicional, baseado em um planejamento prévio detalhado, que inclui a preparação de uma estrutura analítica de projetos, seguida de um cronograma detalhado. Busca-se prever o máximo

possível os resultados e problemas potenciais, e minimizar as alterações de escopo. Uma dificuldade que se apresenta nesse tipo de abordagem convencional, entretanto, é o fato de a pesquisa, por definição, criar resultados por vezes inesperados, que se apresentam como novas questões a serem respondidas, ou a oportunidades a serem exploradas.

As Metodologias Ágeis de Gestão de Projetos são diversas abordagens que tem em comum alguns pontos relacionados à capacidade de adaptação e aceitação de mudanças ao longo do projeto. Ao invés de evitar qualquer alteração, as Metodologias Ágeis entendem que as mudanças são parte intrínseca da execução do projeto, e são vistas como oportunidades de ampliação da entrega de valor para as Partes Interessadas.

Tais sistemáticas foram concebidas inicialmente para o desenvolvimento de software, como uma reação às fraquezas das abordagens convencionais, como o previamente aclamado Waterfall, criticado basicamente pela sua falta de reação face a mudanças. Uma das principais diferenças entre essas duas abordagens é a utilização de iterações na abordagem Ágil, com pequenas entregas de valor ao longo de todo o projeto, no qual o planejamento de cada sprint ou iteração leva em consideração os aprendizados oriundos das etapas anteriores (Figura 1).

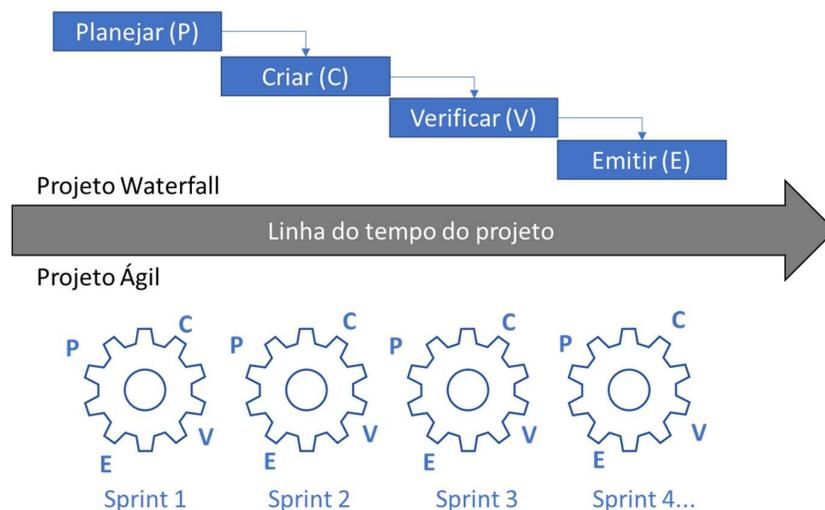


Figura 1 - Comparação entre sistemáticas tradicionais e ágeis de gestão de projetos.

Um dos primeiros documentos que buscaram descrever as necessidades de projetos em um ambiente complexo e em mudança acelerada foi o *Agile Manifesto* (Beck et al., 2001), cujos princípios são apresentados na Figura 2.

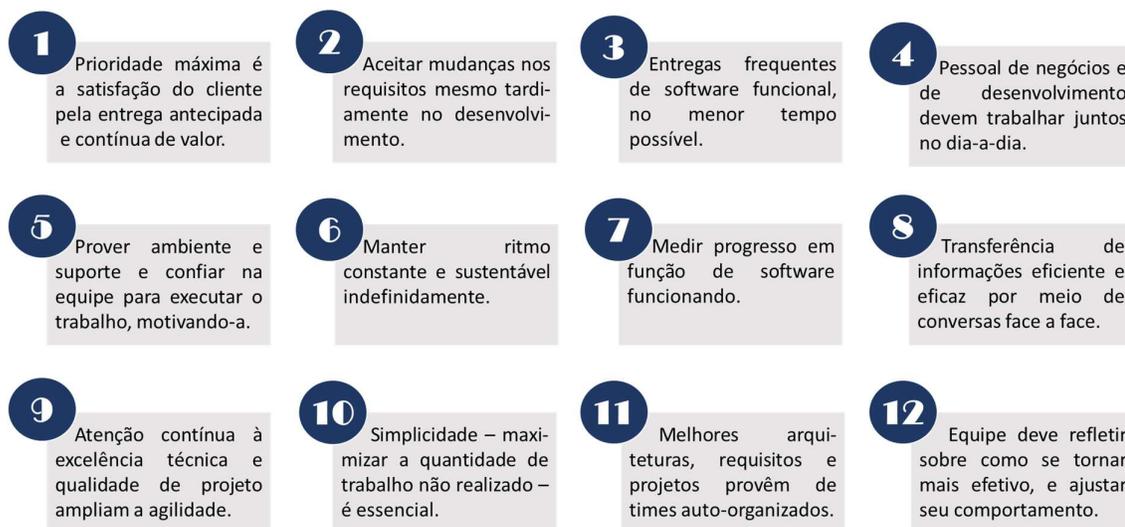


Figura 2 - Princípios do Manifesto Ágil (Beck et al, 2001).

## 1.2 Características da metodologia Scrum

Baseado nesses princípios e na observação de empresas líderes em seus segmentos nos Estados Unidos e no Japão, Nonaka e Takeuchi (1986) compilaram as principais características de gestão de projetos bem-sucedidos, e suas diferenças para a abordagem convencional. Segundo eles, na abordagem antiga, o processo de desenvolvimento de produtos movia-se como uma corrida de revezamento, em que um grupo de especialistas passava o bastão para o próximo, e assim sucessivamente, de fase a fase: desenvolvimento de conceito, teste de viabilidade, design do produto, processo de desenvolvimento, produção piloto, e produção. As funções eram especializadas e segmentadas, com diferentes responsáveis. Eles então compararam a nova gestão proposta ao Rugby, onde o processo de desenvolvimento nasce da interação constante de um time multidisciplinar, cujos membros trabalham juntos do início ao fim, sem uma estruturação rígida entre etapas, e com uma reavaliação constante de sua posição e das decisões tomadas, até o final do desenvolvimento.

Nasceu assim a metodologia Scrum, aplicada nos últimos 15 anos de forma bastante disseminada sobretudo no desenvolvimento de software, porém que aos poucos vai ganhando espaço também em outras áreas. De forma geral, a Gestão de Projetos Ágil tem sido aplicada em desenvolvimento de produtos (Nonaka e Takeuchi, 1986; Lehnen et al., 2016; Stare, 2014), projetos educacionais (Grimheden, 2013), construção civil (Demir e Theis, 2016), capital de risco (Sutherland e Altman, 2009), processos de inovação (Hannola et al., 2013), dentre outros.

Os resultados obtidos têm demonstrado benefícios significativos na maior agilidade de entregas, na obtenção de resultados com maior qualidade e valor percebido, e no aumento da assertividade na comunicação dentro das equipes de projeto, e desta com os stakeholders.

As principais características do Scrum – e de várias das metodologias ágeis como um todo – incluem:

- Alto grau de liberdade para a tomada de decisões de projeto pela equipe, e metas desafiadoras;
- Equipes auto-organizadas e autogerenciadas;
- Fases de desenvolvimento sobrepostas, dando ênfase à flexibilidade e velocidade;
- Cooperação e responsabilidade compartilhada pelos membros da equipe em relação às decisões do projeto;
- Processo contínuo de aprendizagem, aceitando os erros como parte do processo de desenvolvimento, tanto no nível individual, quanto de equipe, quanto institucional;
- Controle sutil, com checkpoints para prevenir instabilidades, ambiguidades e tensão, e controle por pressão de pares;
- Transferência organizacional do aprendizado;
- Emprego de um facilitador para assegurar a aplicação das sistemáticas da metodologia.

Tanto no Scrum quanto em outras abordagens ágeis, é comum a divisão do projeto em iterações, cada qual com todos os elementos necessários para a agregação incremental de valor. No caso do Scrum, cada iteração é considerada um sprint, com duração de 1 a 4 semanas, dependendo do tipo e complexidade do projeto. Dentro desse período, pacotes de entregas priorizadas pelo Product Owner são executadas completamente, agregando valor gradativamente ao projeto final e antecipando ao máximo as entregas.

Após cada sprint, todas as atividades remanescentes – incluindo aquelas executadas parcialmente – são repriorizadas de acordo com os novos conhecimentos resultantes dos sprints anteriores e da evolução da visão do cliente. Isso faz com que o máximo de valor seja entregue o mais cedo possível.

As metodologias ágeis têm por objetivo minimizar os riscos decorrentes das mudanças, que são consideradas intrínsecas à maioria dos projetos. A filosofia Lean, por sua vez, objetiva a otimização dos recursos limitados para a produção (Womack e Jones, 1996). Apesar dessa diferença de finalidades, seus métodos se aproximam e por vezes se complementam, na redução de retrabalho, foco nas atividades de maior valor agregado, e atuação em pacotes de trabalho de tamanho reduzido. Com efeito, o Scrum se apropriou de certos elementos da prática Lean para apresentar um controle com gestão à vista da evolução do sprint e do projeto, e também para limitar a quantidade de trabalho executado simultaneamente. Em especial, um elemento crítico para aumentar a velocidade das entregas tem sido a utilização do Scrum Board, como uma ferramenta para a visualização da evolução do sprint, identificando tarefas aguardando execução, já iniciadas, e finalizadas.

Uma das características do Scrum são seus eventos, ou ritos que auxiliam na manutenção dos conceitos e fundamentos (Schwaber e Sutherland, 2020). O projeto inicia com um Kick-off Meeting, em que a visão do projeto é apresentada, e uma avaliação macro da sequência do

projeto é discutida com a equipe e a direção da empresa. Define-se as responsabilidades e o tempo de cada sprint. No início de cada iteração, é realizada uma reunião de planejamento (Sprint Planning), que ocupa cerca de 5% do tempo total, e diariamente são realizadas reuniões de cerca de 15 minutos, o Scrum Diário, para a verificação de quais atividades foram realizadas, de quais serão realizadas nos próximos dias, e quais os obstáculos e riscos que podem impedir a realização do que foi previsto.

Ao final do sprint, é realizada uma reunião de Sprint Review – onde são avaliadas as atividades finalizadas e compilados os aprendizados e resultados, seguida de uma Retrospectiva, que consiste de uma avaliação periódica do processo Scrum em si, a fim de incorporar melhorias na execução do projeto.

O Scrum Master é a figura responsável pela facilitação desses eventos e pela remoção dos obstáculos que porventura surjam, permitindo à equipe focar o máximo possível na agregação de valor aos entregáveis do projeto.

### **1.3 Contexto da implementação**

A intervenção apresentada neste trabalho ocorreu em uma empresa de médio porte, brasileira, de grande penetração de mercado no fornecimento de equipamentos eletroportáteis de uso por profissionais e pelo público em geral.

A empresa possui uma área de Engenharia, que tradicionalmente foi responsável pela execução de testes de controle de qualidade, Engenharia de Aplicação de tecnologias já existentes para a montagem de novos produtos, porém que tinha, até então, pouca expressão no desenvolvimento de tecnologias próprias para desenvolvimento de novos produtos.

A maior parte dos produtos eram desenvolvidos por fornecedores de componentes, e que de fato dominavam os processos de cálculo e dimensionamento de componentes, pesquisa de novas tecnologias, e desenvolvimento de produtos. Essa característica deixou a empresa em uma situação de dependência tecnológica, e levou a um aumento do poder de barganha dos fornecedores, que passaram a elevar cada vez mais os preços de seus componentes, que em última análise definiam o grau de competitividade da empresa, frente aos lançamentos cada vez mais frequentes de produtos da concorrência.

Um desses fornecedores críticos acabou optando pela integração para frente, e fabricação dos produtos acabados com marca própria, o que causou seu afastamento da empresa, e uma grande instabilidade. Isso levou à necessidade de aumento urgente do nível de capacitação de sua Engenharia interna para o desenvolvimento de produtos, bem como da modificação do pipeline de projetos, incluindo produtos mais avançados.

Após encerrar a parceria com a empresa, esse antigo fornecedor lançou no mercado um produto bivolt automático, de alta potência, característica até então inexplorada no Brasil pela falta de tecnologia desenvolvida, e também no exterior, pela predominância, em outros países, de apenas uma voltagem na rede pública. A ação do novo concorrente incluiu a proteção da tecnologia desenvolvida por meio de patente registrada no INPI.

Como resposta competitiva, a empresa decidiu realizar o desenvolvimento de tecnologia para criar um produto bivolt automático de alta potência através de um fornecedor de produtos acabados do exterior e, em paralelo, de um pesquisador brasileiro. O texto de patente do antigo parceiro foi apresentado a ambos os fornecedores, para que desenvolvessem um produto cuja tecnologia não colidisse com aquela já protegida.

Em ambas as iniciativas, pelo menos seis meses se passaram até que as primeiras provas de conceito fossem entregues. A tecnologia proposta por cada fornecedor foi testada e comparada com o desempenho do produto do concorrente, e foi analisada do ponto de vista de potencial colisão com a patente.

Em ambos os casos, percebeu-se pequenas variações em relação ao produto patenteado, criando um risco considerável para a empresa em caso de comercialização. Além disso, ambos os protótipos apresentaram defeitos após pouco tempo de uso, e considerou-se que os defeitos, além de gerar insatisfação do cliente, poderiam colocar em risco sua segurança no momento do uso. O resultado de cada teste e da análise da tecnologia foi compartilhado com os respectivos desenvolvedores, que tiveram mais oportunidades para alterar seus protótipos, porém em nenhum caso foi possível a obtenção de um conceito estável, e os fornecedores não conseguiram desenvolver seus produtos baseado em outra plataforma tecnológica que reduzisse os riscos ao negócio.

A partir de então, a empresa decidiu desenvolver internamente a tecnologia, utilizando recursos humanos já existentes na área de Engenharia. Em função da urgência na resposta competitiva, e por se tratar de algo desconhecido para a empresa, optou-se pela aplicação de um método de gestão de projetos baseado em Scrum, porém modificado para a realidade da empresa.

## **2. INTERVENÇÃO PROPOSTA**

A equipe de Engenharia da empresa era reduzida, de forma que o desenvolvimento da tecnologia elétrica e eletrônica ficou a cargo de um Analista de Engenharia Elétrica Júnior, orientado por um Engenheiro Sênior e pelo Gerente de Engenharia.

Houve a necessidade de adaptar a metodologia para emprego por um único desenvolvedor, ajudado pelo Engenheiro Sênior (que também tinha outras responsabilidades). Ao Engenheiro Sênior, coube o papel de Scrum Master, e o Gerente de Engenharia supervisionou a execução do método e atuou como Product Owner no projeto.

Antes do início do projeto, a equipe foi instruída em relação à metodologia, e foi ressaltada a necessidade de que, em cada sprint, fosse gerado um valor incremental. No Scrum, isto significa o atingimento de um marco completo em direção à meta do produto, desde o esclarecimento de um conceito teórico a ser utilizado, até a preparação de um protótipo que será utilizado em múltiplas avaliações posteriores (Scrum.org, 2021).

Definiu-se um sprint de duas semanas de duração, sendo que no último dia do sprint era realizada uma reunião única englobando *Sprint Review*, *Retrospective* e *Planning*.

Todas as manhãs, uma reunião entre o pesquisador e o Engenheiro Sênior era realizada, em que as atividades realizadas e a realizar eram rapidamente discutidas, bem como os eventuais obstáculos. Nesse momento, o Engenheiro Sênior também orientava tecnicamente o

pesquisador, direcionando-o em suas atividades teóricas e práticas (embora fossem de especialidades distintas).

No início do projeto, foi realizado um planejamento macro, e foi definido que o escopo incluiria uma revisão bibliográfica envolvendo pesquisa de patentes relacionadas às tecnologias que teriam potencial como resolução do problema proposto, bem como estudo de livros da área e conversa com especialistas; com base nessa revisão, seriam estabelecidas algumas possibilidades de controle para a comutação automática de potência, desde que elas não colidissem com a patente do concorrente. Em seguida seriam selecionadas algumas alternativas mais promissoras, e seriam criados circuitos testes, utilizando componentes disponíveis em lojas de materiais eletrônicos, para se obter rapidamente protótipos de circuitos que pudessem ser conectados a um produto padrão usado como base para a validação.

Juntamente com o desenvolvimento e teste dos protótipos desenvolvidos, a equipe adquiriu e testou alguns exemplares do equipamento comercial desenvolvido pelo concorrente, o que serviu como benchmarking de desempenho.

Em todos os Sprint Reviews, manteve-se a filosofia de selecionar pacotes de trabalho de forma que uma geração de valor incremental de fato ocorresse após cada sprint. Por exemplo, ao invés de, em uma fase, fabricar simultaneamente diversos protótipos de conceitos distintos, e testá-los juntos em um momento posterior, optou-se por construir um protótipo de um primeiro conceito, efetuar seu teste, e somente então, com base nos novos conhecimentos adquiridos, partir para o protótipo e testes de um segundo conceito. Também se optou pela execução primeiramente dos protótipos mais simples, que pudessem ser realizados de forma mais ágil, antecipando a geração de valor.

### **3. RESULTADOS OBTIDOS**

Estabeleceu-se o objetivo de completar a pesquisa em 12 semanas – equivalentes a 6 sprints – ao fim das quais, tencionava-se decidir pela tecnologia a ser utilizada no produto, após testes de validação. Seria necessário que ela não colidisse com a patente do concorrente, e que tivesse um comportamento técnico estável. Foi definido como base para os testes um equipamento da empresa com potência próxima da qual se tencionava aplicar a tecnologia, cujos sistemas de potência seriam conectados à placa controladora, que permaneceria externa ao equipamento. Não era escopo do projeto o desenvolvimento de uma placa de circuito impresso miniaturizada, com dimensões apropriadas para o produto, por se entender que tal escopo seria específico para o desenvolvimento do produto em si, e não do conceito tecnológico, e pelo fato de que, uma vez definido o funcionamento do circuito, a fabricação de uma placa miniaturizada não apresenta dificuldades técnicas significativas.

O primeiro sprint consistiu de uma pesquisa bibliográfica em patentes, artigos e livros, bem como de discussões do Engenheiro com especialistas, com o objetivo de identificar possibilidades de controles utilizadas em outros tipos de produtos e indústrias, mas que poderiam ser adaptadas para a situação em questão. A tendência inicial dos Engenheiros envolvidos com o projeto foi de explorarem um único conceito que julgavam possível. Em função disso, a equipe foi orientada a permanecer na busca de soluções de tal forma que pelo menos três conceitos distintos e viáveis fossem apresentados.

Essa pressão colocada sobre a equipe assemelha-se à “Instabilidade Incorporada” identificada por Nonaka e Takeuchi (1986), criando um “elemento de tensão na equipe (...) definindo requisitos muito desafiadores”. Além disso, trabalhos anteriores (Ayag, 2005) demonstram a importância de se considerar múltiplas alternativas viáveis para a obtenção de resultados com maior nível de inventividade e potencial de sucesso de mercado. Após a obtenção das alternativas, é possível a seleção da mais adequada estabelecendo-se um conjunto de critérios ponderados.

Assim, a equipe conseguiu identificar três alternativas de conceitos possíveis, sendo um baseado em um relé elétrico em miniatura, e outros dois baseados em circuitos eletrônicos, controlados por PLC. Nenhum desses conceitos assemelhava-se em qualquer sentido com aquele empregado pelo concorrente.

No Sprint 1, ainda foram definidos os testes necessários para a comparação entre os diferentes conceitos. Como o que se estava buscando era uma caracterização do sistema de comutação automática entre tensões, foi necessário desenvolver uma giga de testes específica para a ciclagem entre tensões, que seguisse a sequência abaixo:

- 1) Habilitação de 127 V durante um intervalo de tempo pré-definido;
- 2) Desligamento da tensão de saída para o protótipo;
- 3) Habilitação de 220 V durante o mesmo intervalo de tempo;
- 4) Desligamento da tensão de saída para o protótipo;
- 5) Retorno ao passo 1.

Um número mínimo de ciclos sem falha foi definido como condição para um sistema estável. Além disso, outras medidas foram realizadas, incluindo a estabilidade da tensão de saída, durante um intervalo pré-determinado, dentre outros.

Foram testados o produto da concorrência e os conceitos inicialmente desenvolvidos externamente pela empresa, confirmando a instabilidade dos protótipos desenvolvidos, e a adequação do modelo comercial desenvolvido pelo concorrente.

Ao término do Sprint 1, as alternativas desenvolvidas foram apresentadas, e discutiu-se qual seria a alternativa mais simples para que fosse criado um protótipo e testado de forma imediata. O Sprint 2 concentrou-se então na compra de componentes, preparação do circuito em placa de ensaio e testes do primeiro conceito, que não necessitava de programação. Além disso, sabendo-se que os sprints subsequentes envolveriam a programação de PLC, o Engenheiro responsável tomou a iniciativa de estudar a linguagem de programação que se faria necessária.

A realização dos testes no protótipo mais simples revelou, de forma antecipada, a necessidade de adaptações de instrumentos e métodos, que mais adiante puderam ser modificados antes da preparação dos demais protótipos, evitando perda de dados e retrabalhos, e minimizando o tempo de projeto. Assim, pela forma em que o Sprint 2 foi planejado, o valor agregado transcendeu as conclusões sobre o conceito específico estudado, mas se aplicou ao método de pesquisa em si.

Um aspecto importante na autogestão da equipe foi a utilização de um Scrum Board físico (apesar da disponibilidade de plataformas digitais que poderiam ser usadas para essa finalidade). A visibilidade contínua desse quadro proporcionou uma lembrança constante do status das atividades esperadas até o fim do sprint atual, que um quadro virtual não permitiria, pois só seria visto quando acessado (exceto se houvesse um monitor ou TV continuamente exibindo-o). Diariamente, a reunião da equipe era feita em frente a esse Scrum Board, que também era atualizado nesse instante. Com o objetivo de zelar para que a equipe o mantivesse atualizado a todo momento, de tempos em tempos, o Gerente de Engenharia chamava uma reunião rápida para entender a evolução do trabalho. Ainda mais em se tratando de uma equipe pouco experiente com a metodologia, essa ação permitiu que a equipe conseguisse a todo instante explicar suas decisões e justificá-las, mantendo uma consistência lógica.

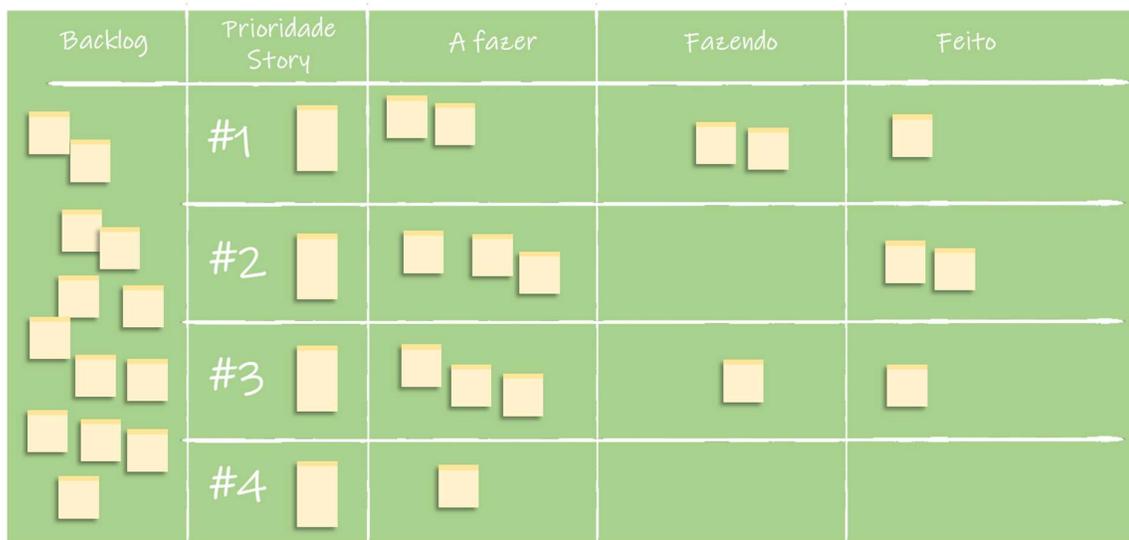


Figura 3 - Ilustração do Scrum Board.

Uma melhoria em relação ao uso do Scrum Board apenas como uma ferramenta de gestão à vista foi a introdução de um limite de Work in Progress (WIP Limit). Esse limite evita a abertura de várias frentes para cada membro da equipe, de forma a assegurar que uma atividade somente seja iniciada após a finalização de outra aberta previamente, como em um sistema de produção puxada. Essa iniciativa foi executada na forma da diretriz apresentada na Figura 4. No exemplo, a story de maior prioridade é composta por três atividades com intervalos de tempo entre elas (por exemplo, o tempo de entrega de componentes para a fabricação de um protótipo). As atividades da segunda prioridade são alocadas nos intervalos entre as atividades de maior prioridade, desde que estas não sofram atrasos. O mesmo ocorre para a terceira prioridade, e assim por diante.

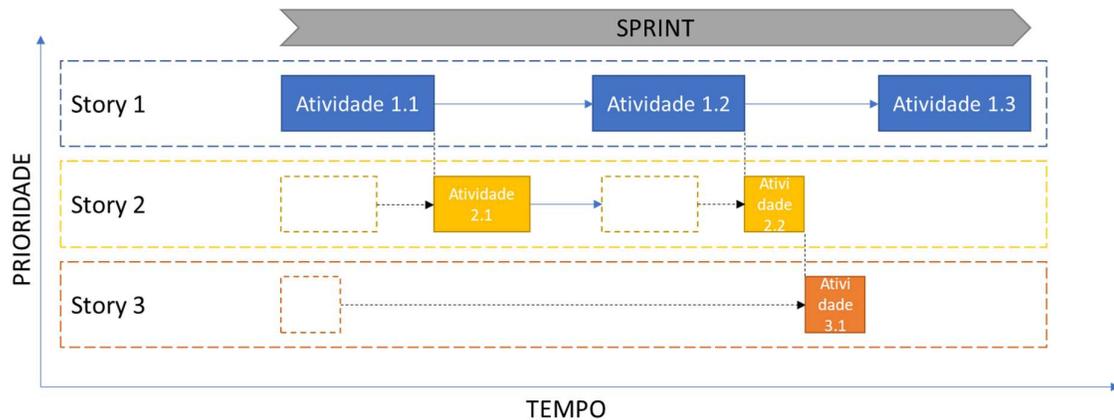


Figura 4 - Ilustração da diretriz de alocação de stories dentro do sprint considerando limite de Work-In-Progress (WIP Limit).

Os Sprints seguintes se concentraram na preparação dos dois outros protótipos e seu teste. O Protótipo 2, apesar de ser controlado por PLC da mesma forma que o Protótipo 3, era mais simples, por isso foi elaborado já no Sprint 3. Como ele demandava conhecimentos até então não disponíveis na equipe, seu desenvolvimento demandou várias adaptações até que o protótipo fosse considerado estável. Dessa forma, os novos conhecimentos adquiridos pela equipe durante a experiência também agregaram valor ao projeto, indo além do valor do protótipo final, pois criaram *know how*. A construção do Protótipo 3 usufruiu desse conhecimento e, apesar de ser mais complexo em termos de programação e calibração de parâmetros, seu desenvolvimento ocorreu de forma mais rápida.

Diferentemente de um projeto de desenvolvimento de software, onde as *user stories* são em grande medida independentes entre si, um projeto de desenvolvimento tecnológico ou de desenvolvimento de produto tem um nível elevado de dependência entre as atividades, o que limita a ordenação das atividades conforme o valor agregado ao produto final. No presente trabalho, houve a necessidade de um planejamento macro dos sprints levando em consideração essas dependências. Por exemplo, antes de se iniciar o desenvolvimento dos protótipos, houve a necessidade de realizar a pesquisa bibliográfica para identificação dos conceitos principais que deveriam ser utilizados como base, e em seguida de adquirir os componentes e preparar a infraestrutura necessária para a montagem das placas de ensaio. Essa foi uma adaptação necessária, e que é fundamental na utilização de metodologias ágeis em áreas industriais e de pesquisa e desenvolvimento.

Após a fabricação e testes dos protótipos dos três conceitos, foi preparada uma matriz apresentando os resultados e uma análise estimativa do custo de cada solução, a fim de selecionar a tecnologia mais adequada para implementação posterior nos produtos.

Para a seleção da tecnologia, foi feito um workshop com a liderança do departamento e os demais integrantes da Engenharia – incluindo os que não estavam diretamente envolvidos neste

projeto. Com isso, esperava-se ter um questionamento mais aprofundado sobre os benefícios e restrições de cada uma alternativa.

Os seguintes critérios foram estabelecidos para a comparação entre as alternativas desenvolvidas:

- 1) Tempo sem falha na comutação entre as tensões;
- 2) Número de componentes no sistema de controle;
- 3) Potencial de miniaturização;
- 4) Custo estimado dos componentes.

Ao final das discussões, entendeu-se que as duas primeiras alternativas seriam mais viáveis para incorporação no produto, e optou-se pelo conceito do primeiro protótipo, pela simplicidade e custo mais reduzido. Ressalta-se que esta foi a última alternativa identificada, e que a equipe não acreditava inicialmente em seu potencial, o que demonstra a importância de forçar o limite da criatividade pela imposição de necessidade de um número mínimo de conceitos possíveis.

O projeto gerou como resultado a seleção de uma tecnologia de controle para a comutação automática bivolt, mas também o domínio de conceitos fundamentais de controle por meio eletrônico, o treinamento dos engenheiros em desenvolvimento de circuitos e da programação de PLC's, bem como das rotinas de programação específicas para controle de potência, e o treinamento da equipe em uma nova forma de trabalho que se mostrou muito vantajosa.

O atingimento dos objetivos do trabalho nesse projeto inicial gerou um aumento da confiança da equipe no desenvolvimento de outros produtos de maior complexidade. Isso levou à aplicação da metodologia proposta em outros trabalhos, conforme reportado por um membro da equipe.

#### 4. CONTRIBUIÇÃO TECNOLÓGICA-SOCIAL

A competição entre alternativas conceituais é essencial para a obtenção de uma solução inovadora, porém a competição entre os conceitos somente deve ser estabelecida após a proposição de soluções viáveis sem restrições (sejam elas orçamentárias, de desempenho ou de expectativa de solução). Essa ausência de restrições iniciais estimula a criatividade e evita o cancelamento de opções, antes que elas tenham a chance de ser desenvolvidas o suficiente para serem viabilizadas.

A liderança de um facilitador com mais conhecimento na utilização de métodos ágeis, sobretudo que esteja no papel de *Product Owner*, além de *coach* da equipe, foi fundamental para que a sistemática fosse bem implementada e que gerasse resultados, pelo foco na geração de valor a cada iteração, e por zelar para que os ritos do Scrum fossem mantidos. Além disso, a utilização de um *Scrum Board* físico – e não virtual – possibilitou uma maior visibilidade da evolução dos trabalhos, e serviu como pano de fundo para as discussões diárias, mas também para eventuais intervenções da gestão do departamento, levando a equipe a um empenho maior na consistência lógica de suas argumentações e na manutenção da atualização desse quadro. Essa conclusão provavelmente é mais importante no caso de equipes pouco experientes nesse tipo de

abordagem, já que com o tempo a equipe é capaz de criar uma rotina padronizada, permitindo a utilização de um ambiente virtual.

Mesmo no caso de um desenvolvimento tecnológico no qual há um encadeamento mais intenso entre algumas atividades, é importante que os sprints sejam definidos como pacotes de atividades com o atingimento de determinadas conclusões. Em Pesquisa, a geração de conhecimento é de fato o valor agregado. Assim, a organização dos pacotes incluindo a concepção, fabricação e teste de um elemento do problema como um todo permite o aprendizado antecipado que caracteriza as metodologias ágeis de gestão de projetos, e que pode ser utilizado nos pacotes subsequentes.

A imposição de um *WIP Limit*, que seja definido em função da disponibilidade de tempo sem que haja atraso das atividades prioritárias, foi também essencial para orientar o foco da equipe, minimizando o tempo para a realização das atividades, e antecipando a entrega de valor.

Neste trabalho, foram definidos alguns critérios de seleção entre as alternativas, porém tais critérios foram considerados de forma subjetiva, por meio da discussão e da busca por uma concordância entre a equipe. Um refinamento desse método seria a consideração de uma metodologia de seleção baseada em AHP – Analytic Hierarchy Process (Saaty, 1980; Ayag, 2005), no qual a importância relativa entre cada parâmetro é avaliada, gerando uma ponderação à qual as avaliações são submetidas, trazendo um resultado mais próximo da expectativa das partes interessadas.

## REFERÊNCIAS

- Ayag, Z (2005). An integrated approach to evaluating conceptual design alternatives in a new product development environment. *International Journal of Production Research*, 43(4), 687–713.
- Beck, K. et al. (2021) *Manifesto for Agile Software Development*. <http://agilemanifesto.org>
- Demir, S. T.; Theis, P. (2016). Agile design management – the application of Scrum in the design phase of construction projects. In *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 24.
- Grimheden, M.E. (2013). Can agile methods enhance mechatronics design education?. *Mechatronics*, 23(8), 967–973.
- Hannola, L.; Friman, J.; Niemimuukko, J (2013). Application of agile methods in the innovation process. *International Journal of Business Innovation and Research*, 7(1), 84–98.
- Lehnen, J.; Schmidt, T.S.; Herstatt, C (2016). Bringing agile project management into lead user projects. *International Journal of Product Development*, 21(2-3), 212–232.
- Nonaka, I.; Takeuchi, H. The new new product development game (1986). *Harvard Business Review*, jan-fev, 137–146.
- Schwaber, K. & Sutherland, J (2021). *The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*. <https://scrumguides.org/index.html>
- Saaty, T.L (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. Ed. McGraw-Hill.

Stare, A. (2014). Agile Project management in product development projects. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 119, 295–304

Sutherland, J.; Altman, I. (2009). Take no prisoners: how a venture capital group does scrum. In *Agile conference* (pp. 350-355). IEEE.

What is an Increment in Scrum? (2021). In *Scrum.org*. <https://www.scrum.org/resources/what-is-an-increment>

Womack, J.P.; Jones, D.T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Ed. Productivity Press.