

Gestão e otimização de laboratórios de fabricação digital

Management and optimization of digital fabrication laboratories

Ana Emília Sant' Anna Claudino

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
anaemiliasc@gmail.com

Gabriela Celani

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
celani@fec.unicamp.br

Regiane Pupo

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
regipupo@terra.com.br

Abstract: *The “Laboratory for Automation and prototyping for architecture and construction” is a digital fabrication lab at the University of Campinas open to students from the Architecture, Civil Engineering and Mechanic Engineering programs. Since its opening in 2007 the lab has developed many strategies to deal with the complexity of its management. The purpose of this paper is to share this experience with other similar facilities. Issues such as resources, supplies, maintenance of machines, managing appointments and other activities are described and discussed, based on the experience of one of a student monitor of the lab.*

Palabras clave: Laboratory management; digital fabrication laboratories; instruction laboratories.

Introdução

O Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção foi criado em janeiro de 2007 na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC-UNICAMP). Seu objetivo é pesquisar novas técnicas de prototipagem rápida e fabricação digital e desenvolver métodos para sua aplicação na arquitetura, desde o processo de projeto até a construção de edifícios. O LAPAC foi criado com recursos da FAPESP e da CAPES, e é mantido por meio de auxílios e bolsas dessas agências e do CNPq, FAEPEX-UNICAMP e SAE-UNICAMP. O laboratório conta com uma Cortadora a Laser, que executa trabalhos em duas dimensões em papel, madeira e alguns tipos de polímeros, com uma Impressora 3D (3DP), que produz modelos sólidos de forma aditiva, e com uma Fresa de Controle Numérico, de três eixos, que corta em madeira e materiais mais espessos trabalhos em 2D e os esculpe em 2.5D. Inicialmente, apenas professores, alunos de pós-graduação, de iniciação científica e os que estavam fazendo projetos para o Trabalho de Conclusão de Curso podiam utilizar os equipamentos. Mas com o tempo, começou-se a disponibilizar essas técnicas para toda a graduação de arquitetura e para alunos de outras unidades da UNICAMP, assim como da USP e da UNESP. Este aumento de demanda trouxe a necessidade de dis-

ponibilizar pessoas para atender aos usuários, ensinando e auxiliando na utilização. Foi então que monitores começaram a ajudar a suprir tal carência. A rotatividade de monitores é alta, e seu aprendizado precisa ser facilitado para que não seja necessário “inventar a roda” toda vez que haja uma troca de ajudantes.

Objetivos

Muito do conhecimento adquirido ao gerenciar esse tipo de laboratório de ensino não é documentado ou compartilhado com outras pessoas que exercem a mesma função. Esse é um ponto de ineficiência no ambiente de trabalho, já que cada pessoa necessita passar pelo processo de pesquisa e descoberta de como executar a tarefa, o que demanda tempo, sendo que isso já foi feito anteriormente. Tendo em vista a importância em documentar os processos, para que o retrabalho seja evitado, e a busca em melhorar a forma com que as atividades são executadas no laboratório, o objetivo deste artigo é relatar as medidas que vêm sendo implantadas no LAPAC para que o conhecimento seja documentado e assim possa ser facilmente compartilhado entre os monitores e com os usuários.

Método

Primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a documentação de processos e o gerenciamento de projetos. A principal referência utilizada

foi o Guia PMBOK (PMI, 2004), que apresenta alguns conceitos interessantes aplicados, como “Lições Aprendidas” e “Divisão de Tarefas”. São estudados também alguns tópicos sobre Qualidade, Gestão do Conhecimento e modelagem dos processos. Em seguida, foi realizado um estudo de caso tendo como objeto de pesquisa o LAPAC. Aqui foi analisado o cotidiano do laboratório, com enfoque em sua organização e seus processos.

Fundamentação teórica - conceitos

Segundo o Guia PMBOK (PMI, 2004), existem várias maneiras de documentar funções e responsabilidades de membros da equipe. Dentre eles, os principais são Hierarquia, Matricial e Orientado a Texto. A principal utilidade desse dispositivo é garantir que não haja ambigüidade quanto ao proprietário de cada pacote de trabalho e que todos os membros da equipe tenham um entendimento claro de suas funções e responsabilidades. Outro ponto interessante do PMBOK é o incentivo à documentação de todo o conhecimento aprendido na execução dos projetos ou processos, de modo que se torne parte do banco de dados histórico da organização. Na coletânea de documentos podem constar organogramas, procedimentos, ou simplesmente problemas e soluções do cotidiano.

“A Gestão do conhecimento é um processo pelo qual a organização gera sua riqueza, a partir do seu conhecimento ou capital intelectual” (Bukowitz, 2002). No caso de laboratórios de ensino que são conduzidos por monitores, alunos da própria instituição, é interessante pela rotatividade de pessoas que operam as funcionalidades do local. Documentar a aprendizagem é importante para evitar retrabalho, aumentar a eficiência dos processos, e aumentar os ganhos.

Os estudiosos da Gestão do Conhecimento dizem que pode-se dividir o conhecimento em dois tipos: explícito, que é o que o indivíduo sabe que sabe, e o implícito, que é o que o indivíduo não sabe que sabe, por estar integrado em sua rotina de trabalho. O trabalho principal consiste em incentivar o compartilhamento do conhecimento explícito e encontrar uma forma de transferir o conhecimento implícito, de forma implícita.

Dentre os objetivos mais interessantes da Gestão do Conhecimento sob o foco do gerenciamento de laboratório estão:

1. Tornar acessíveis grandes quantidades de informação organizacional, compartilhando as melhores práticas e tecnologias: todos os sistemas desenvolvidos que facilitem a rotina do laboratório devem ser compartilhadas, de forma a evitar o retrabalho;

2. Permitir a identificação e mapeamento dos ativos de conhecimento e informações: identificar os conhecimentos, implícito e explícito, e documentá-los para que outros funcionários ou monitores possam aprender facilmente a executar as mesmas tarefas;
3. Apoiar a geração de novos conhecimentos, propiciando o estabelecimento de vantagens competitivas: incentivar a pesquisa, por parte dos monitores, como forma de crescimento e melhoria dos processos;
4. Dar vida aos dados tornando-os utilizáveis e úteis transformando-os em informação essencial ao nosso desenvolvimento pessoal e comunitário: o desenvolvimento de métodos e tutoriais, que facilitem o aprendizado;

Estudo de caso: o Lapac

A Fresadora (CNC), a Cortadora a Laser e a Impressora 3D, são os principais equipamentos do laboratório. Tais máquinas são delicadas e necessitam de manutenção periódica para que sua deterioração seja evitada.

A cortadora a laser é o equipamento mais utilizado, e por isso será usado aqui para ilustrar os procedimentos de manutenção. Segundo o manual, a máquina deve ser mantida limpa para um bom funcionamento e a frequência de limpeza depende do material que está sendo utilizado, do rendimento do sistema de escape, do ambiente onde a máquina está instalada e do próprio tempo de uso. Quando não se considera uma rotina de limpeza, os resíduos acumulados nas partes do equipamento podem fazer com que o trabalho fique irregular e insatisfatório e pode fazer com que a deterioração da cortadora seja precoce. A periodicidade de manutenção é diferente para cada parte ou componente da máquina. A Tabela 1 relaciona cada parte com sua determinada frequência de limpeza ou manutenção.

Parte	Ação	Frequência de Manutenção
Corre	Limpeza com haste de algodão embebido em água	Após cada corte
Lente	Limpeza com haste de algodão embebido em Líquido próprio para limpeza de lente.	Após cada corte
Correia	Verificação e Troca, se necessário	Mensalmente
Compressor e Exaustor	Limpeza	A cada 6 meses
Lente	Troca	Sempre que necessário
Laser	Troca	Sempre que necessário
Mesa de gravação	Limpeza	Sempre que necessário
Compartmento principal	Limpeza	Sempre que necessário
Janela da porta superior	Limpeza	Sempre que necessário
Suportes, eixos e vias dos eixos X e Y	Limpeza	A cada 8 horas de uso
Correia do eixo X	Limpeza	A cada 8 horas de uso
Filtro do ventilador de refrigeração	Limpeza	Mensalmente
Parafusos de guia	Limpeza e Lubrificação	Mensalmente
Empenagens dos eixos X e Y	Verificação e Limpeza	Mensalmente
Suportes dos eixos X e Y	Verificação e troca, se necessário	Mensalmente
Parafusos ou partes mecânicas	Verificar se estão frouxos e apertar se necessário	Mensalmente

Tabela 1: Ações de manutenção para a cortadora a laser GESTÃO LABORATÓRIO PR 01. JPG

Segurança no Trabalho

Em qualquer ambiente de trabalho é muito importante considerar as condições de segurança e conforto. Em um laboratório desse tipo há equipamentos que podem trazer certo grau de periculosidade para seus usuários. A CNC e a Cortadora a Laser, por exemplo, são máquinas com nível de ruído elevado (97 dB(A) e 73,4 dB(A) respectivamente, sendo que o limite aceitável para a ruído contínuo para 8 horas de trabalho é de 85 dB(A)). Portanto, é fundamental a utilização de protetor auricular durante as atividades.

Quando o laboratório é implantado, um profissional da área de Segurança do Trabalho deve ser consultado sobre quais atitudes devem ser tomadas para que as atividades sejam executadas de maneira segura. Após avaliação do local e dos equipamentos, um relatório é gerado contendo todos os fatores de risco assim como o que deve ser feito para mitigá-los.

Os EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) mais utilizados para tais atividades são: Protetor Auricular tipo concha e *plug*, máscaras, luvas, óculos, entre outros.

Matriz de Responsabilidades (PMBOK)

Uma das ferramentas apresentadas no PMBOK é a Matriz de Responsabilidades (MR). Com ela é possível definir claramente quem é responsável por qual tarefa no laboratório. Por exemplo, os monitores devem por informar ao professor responsável quando há necessidade de compra de material de consumo; os funcionários devem se encarregar de realizar a limpeza das máquinas nos períodos previstos; o professor responsável deve enviar todos os anos pedidos de renovação das bolsas dos monitores, etc.

Agenda

O LAPAC atende alunos que desejam confeccionar maquetes e modelos para apresentar em diversas disciplinas e projetos de pesquisa em geral. Para efeito de organização de atendimento, devido a esta diversidade de uso, é aconselhável que se desenvolva algum método de agendamento.

Inicialmente tal controle era feito através de uma planilha simples, em que um dos monitores recebia a solicitação dos usuários e reservava o horário desejado. Porém esse sistema se mostrou ineficiente e trabalhoso.

Posteriormente uma solução de agendamento *online* foi encontrada. Um *site* de agendamento onde o próprio aluno acessava e escolhia os horários. O monitor, por sua vez precisava verificar a data e o horário escolhidos e

enviar um email de confirmação. No início, a vantagem desse sistema era que o aluno não precisava enviar um email ou ligar, ele mesmo agendava, mas, como desvantagem, o site apresentava falhas, era limitado no sentido de número de agendamentos permitidos sendo necessário apagar as reservas anteriores, periodicamente. Essa limitação era mais problemática nas épocas de maior volume de uso porque muitas vezes não havia espaço suficiente para todos os agendamentos e a solução manual precisava ser adotada para complementar.

Atualmente um sistema de agendamento *online* mais eficiente é utilizado. Trata-se do Doodle (doodle.com), um site de agendamento *online*, gratuito, que permite marcar reuniões e fazer agendamentos de forma prática. Neste site, a pessoa responsável pelos agendamentos define os horários disponíveis. O usuário, toda vez que precisa marcar um horário, entra no site do LAPAC, onde o *link* do Doodle está atrelado e escolhe seus horários. Todo início de expediente, o monitor verifica quais pessoas estão agendadas e assim realiza o atendimento.

Outra dificuldade comum é quando algum usuário falta sem avisar, deixando o horário vago e não permitindo que outra pessoa utilize os equipamentos. Para diminuir esse problema uma espécie de multa foi adotada como punição. Toda vez que algum usuário falta sem avisar com antecedência de 24 horas, este fica impossibilitado de agendar por um mês. Essa medida diminuiu a ausência e ajudou a otimizar o uso dos equipamentos.

Todos os usuários, ao realizar o agendamento, são informados sobre o regulamento do laboratório, que contém informações sobre ações de segurança no trabalho, como uso de EPI, sobre procedimentos, como sempre ficar próximo ao equipamento durante o uso, sobre faltas, entre outras informações. E, no início do trabalho, deve assinar o termo de responsabilidade, com informações pessoais, do professor responsável e da disciplina para qual está fazendo o trabalho.

Lidando com a sazonalidade do Laboratório

As épocas de maior movimento são os meses de maio, junho, outubro e novembro, que são períodos de entrega dos projetos das disciplinas e das maquetes dos Trabalhos Finais de Graduação. A procura aumenta, portanto, consideravelmente é necessário oferecer horários para que todos consigam entregar seus trabalhos à tempo.

Conhecendo essa característica, é importante fazer um planejamento para ampliar a disponibilidade de horários de utilização dos equipamentos. Nestas épocas a equipe inteira fica dedicada ao atendimento. Os monitores

podem mudar de horário, de forma complementar, ou seja, se em períodos de baixa demanda os monitores 1 e 2 trabalham juntos no período da tarde, quando a procura é maior, um dos monitores pode passar a colaborar no período da manhã, ampliando o número de vagas. O professor e o aluno de pós-graduação passam a atender em horários que não há monitores disponíveis.

Outra alternativa é limitar a quantidade de horas que cada pessoa pode agendar. É muito comum, por receio de algum imprevisto ou por inexperiência, o aluno agendar mais tempo que o necessário. O tempo excedente normalmente fica ocioso o que acaba prejudicando outros usuários que não conseguiram agendar ou que agendaram tempo insuficiente. Cabe ao monitor auxiliar a avaliação do tempo necessário para evitar tal situação. Nos outros meses do ano, a procura pelos equipamentos é muito baixa, apenas alunos de pós-graduação e de iniciação científica ou algum projeto de pesquisa utilizam os recursos do laboratório. Tal ociosidade pode ser aproveitada para a promoção de *workshops*, projetos do laboratório, cursos de capacitação para os colaboradores, entre outras atividades que são importantes para agregar valores e aperfeiçoamento de técnicas.

Os suprimentos utilizados no Lapac vão de simples materiais de escritório a produtos específicos de cada equipamento. Boa parte do orçamento é destinada à compra destes suprimentos, por isso é muito importante controlar tudo o que é comprado e tudo o que é utilizado.

Organizar a compra e a saída desses materiais ajuda a ter uma visão do desembolso necessário durante o ano, a conter desperdícios e a estipular o que é realmente preciso e o que não é utilizado.

A necessidade de materiais depende da demanda do laboratório, como mostra a Figura 1, cada item tem a sua época de aquisição, o que permite elaborar um cronograma de compras.

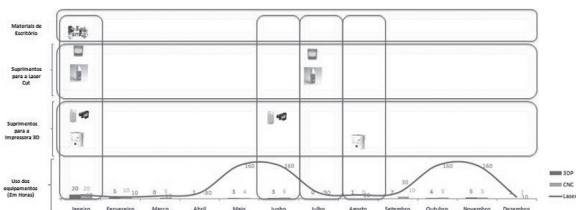


Figura 1: Período de compra dos principais insumos utilizados no laboratório em relação ao uso dos equipamentos.

Lições aprendidas

A prática rotineira faz com que as pessoas adquiram conhecimentos de forma implícita e explícita. Se esses são documentados, de forma que todos os envolvidos no gerenciamento do laboratório tenham fácil acesso, a eficiência dos processos pode melhorar em muito, porque tal ação evita retrabalho e também que várias pessoas percam tempo tentando aprender algo que alguém já descobriu.

Como visto anteriormente, o conhecimento de um funcionário ou monitor é tratado como capital intelectual e documentá-lo depende de quem o possui. É preciso então incentivar as pessoas que detêm essas informações a compartilhá-las. Esse compartilhamento pode ser realizado em forma de relatórios, conversas, reuniões, *emails* entre outros meios.

No caso do LAPAC, um laboratório de Universidade, é interessante que esse conhecimento seja divulgado, não só internamente, entre os que estão ligados ao seu gerenciamento, mas também com qualquer pessoa que tenha interesse em gestão de laboratórios dessa espécie. Um exemplo de documentação é este relatório, que tem intenção a de compartilhar com a comunidade todo o aprendizado de uma monitora do LAPAC.

A divulgação da rotina, com todo seu aprendizado, pode ser feita de várias formas. Uma delas é utilizando a internet. Pensando nesse processo, foi criado um *blog*, intitulado “Diário do Lapac” (diariodolapac.blogspot.com) onde os monitores podem postar os problemas, as soluções, as novidades, que ocorrem no laboratório, de forma prática, rápida, versátil e atrativa.

Outra forma de registrar o aprendizado é incentivar os monitores a desenvolverem artigos de pesquisa, iniciações científicas ou trabalhos de pós-graduação relacionados à gestão ou a trabalhos desenvolvidos no laboratório. Os artigos publicados também devem ser disponibilizados no *site* do laboratório.

Finalmente, é possível utilizar um *software* de gerenciamento de projetos *online* para a criação de gráficos de Gant que mostram visualmente em uma linha do tempo as atividades desenvolvidas, as peças substituídas, etc. Com essa finalidade o LAPAC tem usado o *software* livre RedMine.

Bibliografia

- Bukowitz, W.R.; Williams, R. L. 2002. *Manual de gestão do conhecimento: ferramentas e técnicas que criam valor para a empresa*. Porto Alegre: Bookman.
- CELANI, G., Duarte, J. e Pupo, R. 2010. *Introducing*

rapid prototyping and digital fabrication laboratories in architecture schools: planning and operating. Proceedings of ASCAAD 2010, Fez: School of Architecture of Fez, p. p. 65-74.

Project Management Institute (PMI). 2004. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). Pensilvânia: ed. Project Management Institute.