



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção
Campus João Monlevade



UFOP
Universidade Federal
de Ouro Preto

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

O PROBLEMA DE AJUSTE SEMESTRAL DE MATRÍCULA NO CURSO DE
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ICEA/UFOP

MÁRCIA DE SOUSA ANDRADE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOÃO MONLEVADE

Setembro, 2017



MÁRCIA DE SOUSA ANDRADE

**O PROBLEMA DE AJUSTE SEMESTRAL DE MATRÍCULA NO CURSO DE
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ICEA/UFOP**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Produção do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Mônica do Amaral

JOÃO MONLEVADE
Setembro, 2017



TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado “ **O PROBLEMA DE AJUSTE SEMESTRAL DE MATRÍCULA NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ICEA/UFOP**” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 01 de setembro de 2017.

Márcia de Sousa Andrade - Aluna



ATA DE DEFESA

Ao primeiro dia do mês de setembro de dois mil e dezessete, às dezessete horas, na sala E204 deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pela aluna **Márcia de Sousa Andrade**, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores Mônica do Amaral, Rafael Lucas Machado Pinto e Thairone Ezequiel de Almeida. A aluna apresentou o trabalho “ **O problema de ajuste semestral de matrícula no curso de Engenharia de Produção - ICEA/UFOP**”. A comissão examinadora deliberou pela:

() Aprovação

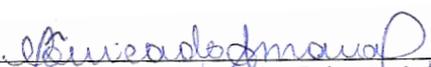
(**X**) **Aprovação com Ressalva – Prazo concedido para correções : 15 dias**

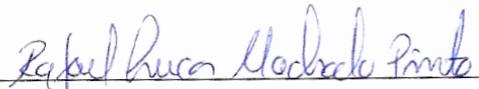
() Reprovação com Ressalva - Prazo para marcação da nova banca: _____

() Reprovação

do(a) aluno(a) com a nota **8,5** (oito virgula cinco). Na forma regulamentar e seguindo as determinações da resolução COEP 04/2017 foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pela aluna.

João Monlevade, 01 de setembro de 2017.


Mônica do Amaral - Orientadora


Rafael Lucas Machado Pinto - Convidado


Thairone Ezequiel de Almeida - Convidado


Márcia de Sousa Andrade - Aluna

AGRADECIMENTOS

Agora é o momento de agradecer a todos que fizeram parte das minhas vivências durante a faculdade. Foram momentos muitos especiais, cheios de obstáculos e expectativas que fizeram de mim uma pessoa melhor.

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter iluminado minha mente e meu caminho até aqui. Aos meus pais, Nádia e Sebastião, por serem meus alicerces, apoiando e incentivando sempre. À minha irmã Nathália e meu cunhado Gilney, por serem bons amigos. À minha afilhada Ana Luísa, por trazer alegria para nossa família.

Um agradecimento especial à tia Zilda, pelo cuidado e amor dedicados a mim desde criança.

As minhas primas, por serem “uma boa companhia”, aos meus tios Luiz e Maria Valdete, por me acolherem diversas vezes quando precisei.

A minha turma da faculdade, 10.1, por me proporcionar conhecer pessoas inspiradoras.

Agradeço a todos os amigos que fiz no campus e a todos os professores, em especial, agradeço à Professora Mônica, orientadora, que se tornou uma grande amiga e colaborou muito para elaboração deste trabalho.

Enfim, sou muito grata a todos que participaram dessa caminhada, a faculdade não teria valor se não fosse por vocês.

RESUMO

Este trabalho propõe uma análise sobre o problema do ajuste semestral de matrícula no curso de Engenharia de Produção do campus do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto. O objetivo é estudar o contexto atual de necessidades dos alunos do curso em relação ao ajuste semestral de matrícula, possibilitando a definição de um modelo matemático adequado ao auxílio à tomada de decisão pelos alunos. Primeiramente, foram discutidas características da grade curricular, com ênfase aos pontos que levam à não formatura de muitos alunos no prazo determinado. Depois, foi feita uma caracterização e modelagem do problema de ajuste de matrícula para o curso. Embora a modelagem do problema não tenha sido concluída, uma abordagem alternativa ao modelo já existente de Francischini (2015), é apresentada, tendo como vantagem a incorporação dos conceitos de folga e caminho crítico. Foram feitos testes com históricos cedidos por seis alunos. A análise desses históricos mostrou que, quando há reprovação por parte dos alunos, eles têm considerável dificuldade de escolher as melhores disciplinas a cursar, mostrando que escolhas acertadas podem diminuir o prazo para conclusão das disciplinas em até três períodos.

Palavras-Chave: Planejamento de Matrícula. Ajuste de Matrícula Semestral. Problema de Sequenciamento de Projetos. Modelagem Matemática.

ABSTRACT

This paper proposes an analysis on the problem of the six - month adjustment of the enrollment adjustment in the course of Production Engineering of the campus of the Institute of Exact and Applied Sciences of the Federal University of Ouro Preto. The objective is to study the current context of the students' needs in relation to the six-monthly enrollment adjustment, making possible the definition of a mathematical model appropriate to the students' decision-making aid. Firstly, we discussed the characteristics of the curriculum, with emphasis on the points that lead to the non-graduation of many students in the determined period. Afterwards, a characterization and modeling of the problem of adjustment of enrollment for the course was made. Although the modeling of the problem has not been completed, an alternative approach to the already existing model of Francischini (2015) is presented, with the advantage of incorporating the concepts of backlash and critical path. Tests were carried out with records provided by six students. Analysis of these histories has shown that when students fail, they have considerable difficulty in choosing the best subjects to take, showing that successful choices can shorten the time frame for completing courses in up to three periods.

Keywords: *Tuition Planning. Tuition Adjustment Semester. Project Sequencing Problem. Mathematical Modeling*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo simplificado para resolução de um problema matemático	17
Figura 2: Representação do Método de Diagrama de Precedência	21
Figura 3- Gráfico de setas da grade curricular do curso de Engenharia de Produção	30
Figura 4- Tempo de Conclusão pelos formandos	31
Figura 5: Situação final da disciplina Calculo I a partir de 2012	32
Figura 6: Situação final da disciplina Cálculo II a partir de 2012	33
Figura 7: Situação final da disciplina Cálculo III a partir de 2012	33
Figura 8: Situação final da disciplina Probabilidade a partir de 2012	34
Figura 9: Situação final da disciplina Estatística a partir de 2012	34
Figura 10: Situação final da disciplina IEDO a partir de 2012	35
Figura 11: Situação final da disciplina Programação de Computadores I a partir de 2012	35
Figura 12: Situação final da disciplina Algoritmo e Estrutura de Dados I a partir de 2012	36
Figura 13: Situação final da disciplina Cálculo Numérico a partir de 2012	36
Figura 14: Situação final da disciplina Física I a partir de 2012	37
Figura 15: Situação final da disciplina Física II a partir de 2012	37
Figura 16: Situação final da disciplina Física III a partir de 2012	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:Parâmetros do MIRC PSP	23
Tabela 2:Roteiro hipotético gerado por Francischini (2015).....	27
Tabela 3:Roteiro gerado pelo modelo matemático proposto por Francischini (2015)	28
Tabela 4: Tarefas a serem executadas	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Histórico do aluno 1	39
Quadro 2-Análise do aluno 1 a partir do 4º período	40
Quadro 3-Análise do aluno 1 a partir do 7º período.....	41
Quadro 4- Análise do Makespan	47
Quadro 5-Análise do Makespan do aluno 6 a partir do 3º período	48
Quadro 6- Análise do Makespan do aluno 6 a partir do 9º período	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivo Geral	13
1.2 Objetivos Específicos	13
1.3 Justificativa.....	14
1.4 Estrutura do Trabalho	15
2. METODOLOGIA DE PESQUISA	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1 O projeto.....	22
3.2 Formulação do Modelo do MIRC PSP.....	22
3.4 O modelo de Francischini (2015).....	25
4. ANÁLISE DO PROBLEMA REAL	29
4.1 A Grade Curricular	29
4.2 O Processo de Retenção ao Longo do Curso.....	31
4.3 Oferta de Horários	38
4.4 Análise de Perfis Individuais de Alguns Alunos do Curso	38
4.5 Considerações Sobre os Dados Analisados	42
5. MODELAGEM DO PROBLEMA.....	44
5.1 Modelagem para o Problema de Ajuste de Matrícula	44
5.2 Testes Ilustrativos	46
6. CONCLUSÃO.....	50
7. REFERÊNCIAS	51
APÊNDICE A – Histórico do aluno 2.....	53
APÊNDICE B – Análise manual do aluno 2 a partir do 2º período	54
APÊNDICE C – Histórico do aluno	55
APÊNDICE D– Análise manual do aluno 3 a partir do 5º período.....	56
APÊNDICE E– Histórico do Aluno 4	57
APÊNDICE F – Análise manual do aluno 4 a partir do 7º período	58
APÊNDICE G – Histórico do aluno 5.....	59
APÊNDICE H – Análise manual do aluno 5 a partir do 7º período.....	60
APÊNDICE I – Histórico do aluno 6	61
APÊNDICE J – Análise do aluno 6 a partir do 3º período.....	62
APÊNDICE K– Análise do aluno 6 a partir do 9º período.....	63

1. INTRODUÇÃO

O processo de formação do Engenheiro de Produção no curso de Engenharia de Produção oferecido pela Universidade Federal de Ouro Preto, *campus* João Monlevade, dura em média 5 anos, tempo estimado para cumprir 48 disciplinas obrigatórias (2970 horas), 300 horas de disciplinas eletivas, 160 horas de estágio obrigatório, 180 horas para realização da monografia e 240 horas de atividades complementares. (Matriz Curricular do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto, *Campus* João Monlevade, 2012)

Esse processo possui um roteiro previamente definido pela matriz curricular do curso e pode ser visualizado e tratado como um projeto com sequenciamento de tarefas.

Muitas dificuldades são encontradas nos primeiros semestres da graduação. A diferença brusca entre as exigências do Ensino Médio e as da Universidade é uma delas. Muitos não conseguem seguir o roteiro preestabelecido, tendo que repetir matérias e, por consequência, atrasando o tempo previsto de conclusão do curso.

Na medida em que o aluno avança no curso, em especial quando há a ocorrência de reprovações em algumas disciplinas, torna-se necessário fazer um replanejamento específico das disciplinas a serem cursadas em cada semestre. Esse replanejamento deve levar em consideração vários aspectos, como os pré-requisitos entre disciplinas, a disponibilidade de horário para cursar as disciplinas atrasadas e a própria carga de trabalho desejada pelo aluno.

Na tentativa de minimizar o atraso dos alunos na conclusão do curso, foi desenvolvido por Francischini (2015) um modelo matemático de planejamento de matrículas semestrais baseado em sequenciamento de projetos.

O modelo simula a distribuição das matérias que ainda não foram cursadas pelos próximos semestres, levando em consideração algumas restrições do sistema real e o objetivo de minimizar o tempo de conclusão do curso.

Apesar do modelo proposto ter se mostrado eficaz com relação à minimização do tempo para conclusão do curso, ainda é necessário estendê-lo para que atenda melhor às necessidades individuais dos alunos no seu planejamento semestral, ou seja, no ajuste de matrícula.

De forma abrangente, para tornar o modelo ainda mais próximo do real, há restrições que podem ser implementadas, como as de “horas mínimas” necessárias para cursar determinada matéria; de intersecção de horários das disciplinas; de quantidade de matérias

ofertadas que o aluno deseja cursar por semestre; e de balanceamento, para que se tenha equilíbrio entre matérias com diferentes graus de dificuldade, abordagem ou índice de reprovação no mesmo período. Mas será que esses são mesmo os melhores requisitos a serem incorporados ao modelo? O presente trabalho busca responder, não só sob o ponto de vista matemático, mas também em relação à contextualização real do problema, quais caminhos devem ser seguidos para a construção de um modelo que incorpore não só as exigências determinadas pela grade curricular do curso de Engenharia de Produção - ICEA/UFOP, mas que também incorpore questões práticas que devem ser consideradas para essa tomada de decisão específica.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é estudar o contexto atual de necessidades dos alunos do curso de Engenharia de Produção - ICEA/UFOP em relação ao ajuste semestral de matrícula, possibilitando a definição de um modelo matemático adequado ao auxílio à tomada de decisão pelos alunos, com o objetivo de fazer um bom percurso em sua graduação, em termos de qualidade de ensino e do tempo necessário até a formatura.

1.2 Objetivos Específicos

Almejam-se os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar na literatura a existência de trabalhos que possam auxiliar o processo de desenvolvimento ou adaptação de modelos para o planejamento semestral de matrícula de alunos de graduação;
- Estudar as características da grade curricular do curso, caracterizando o *makespan*¹, os caminhos críticos e as principais folgas ao longo do curso, que possibilitem ao aluno, mesmo quando ocorrem várias reprovações, a manter a qualidade do aprendizado e o tempo esperado de formatura;
- Fazer um estudo das principais dificuldades encontradas pelos alunos em seguir o roteiro pré-estabelecido na grade curricular e da possibilidade de recuperação do andamento normal do curso até a formatura diante dessas dificuldades;

¹ *Makespan*: Em problemas de sequenciamento de projetos, *Makespan* é a soma de todos os tempos de processamento, ou seja, é o tempo total que se gasta para concluir o projeto. (RODRIGUES, 2012)

- Apresentar, com base nos resultados dos dois objetivos específicos anteriores, uma lista de modificações que poderiam ser incorporadas ao modelo de Francischini (2015) ou a uma modelagem alternativa, para que um modelo de otimização pudesse ser efetivamente utilizado pelos alunos para o planejamento semestral de matrícula;
- Propor, implementar a aplicar, pelo menos em parte, um novo modelo ao curso de Engenharia de Produção do ICEA.

1.3 Justificativa

A partir de um levantamento de dados sobre retenção em matérias do ciclo básico no curso de Engenharia de Produção do ICEA, descobriu-se que, em média, 68% dos alunos saem do roteiro preestabelecido a partir do primeiro período do curso e podem demorar mais tempo do que o previsto para se formarem.

Além da demora para se formar, manter-se na faculdade por mais um semestre pode custar caro aos bolsos de 70% dos alunos que não tem residência familiar na cidade (Dados da Pró-Reitoria de Graduação da UFOP/PROGRAD). Segundo reportagem do jornal Estado de Minas, “Gastos que vão além da universidade”, 2014, alunos que vêm de outra cidade para estudar em universidades do interior, gastam com moradia e alimentação entre R\$ 4.800,00 a R\$7.200,00 por semestre.

Logo, o planejamento das matrículas semestrais torna-se um grande auxílio para que os alunos criem novos roteiros afim de recuperar o tempo das matérias em que não passaram e evitem gastos a mais.

Problemas deste tipo podem ser entendido como problema de sequenciamento de projetos. Na tentativa de reduzir o tempo de execução de atividades e, conseqüentemente, de duração de projetos de grande porte, diversas tecnologias foram desenvolvidas especificamente para a resolução de problemas característicos de sequenciamento de projetos. Essas tecnologias incluem modelos matemáticos, heurísticas e outras abordagens de otimização e são amplamente aplicados a problemas de construção civil, grandes estaleiros, indústria aeronáutica e até gestão de serviços.

O problema de ajuste de matrícula no ICEA pode ser representado por esse tipo de problema, como, por exemplo, a formulação de programação inteira mista proposta e implementada por Francischini (2015). Nesse sentido, justifica-se a realização do trabalho pela possibilidade de uma melhor representação do problema real. Em termos científicos, o

trabalho de Francischini (2015) e este trabalho são ainda os únicos de que se tem conhecimento na área, contribuindo para a criação de uma nova classe de problemas de sequenciamento de projetos aplicados, nesse caso, à Educação.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está organizado em seis capítulos. No primeiro, faz-se uma breve apresentação do trabalho, expondo seus objetivos e justificativa. O segundo capítulo é dedicado à metodologia de pesquisa, em que o trabalho é classificado como uma pesquisa empírica, realizada especificamente para o curso de Engenharia de Produção - ICEA/UFOP. São descritas as fases de desenvolvimento do presente trabalho, explicando sobre as coletas de dados e a modelagem do problema. O terceiro capítulo é dedicado a uma pequena pesquisa bibliográfica, que mostra que o problema tratado ainda não tem sido muito estudado, mas que a teoria de modelagem de otimização para planejamento e sequenciamento de projetos pode ser de grande ajuda, devido à presença de diversas similaridades entre os dois problemas. Em seguida, no quarto capítulo, são apresentados dados relativos ao problema real. Em primeiro lugar, são discutidas características da grade curricular, com ênfase aos pontos que levam à não formatura de muitos alunos no prazo determinado, como pré-requisitos e seus tipos, *makespan*, folgas e caminhos críticos. O quinto capítulo é dedicado à caracterização e modelagem do problema de ajuste de matrícula para o curso de Engenharia de Produção - ICEA/UFOP. Embora a modelagem do problema não tenha sido concluída, uma abordagem alternativa ao modelo de Francischini (2015) é apresentada, tendo como vantagem a incorporação dos conceitos de folga e caminho crítico, ao passo que Francischini (2015) tratou apenas da importância da minimização do *makespan* no sequenciamento das disciplinas do curso. O sexto capítulo conclui o trabalho, colocando várias considerações para a realização de trabalhos futuros. Além disso, apresenta-se o modelo implementado em linguagem de modelagem AMPL, com um arquivo de dados que planeja as disciplinas do curso desde o primeiro período do curso.

2. METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente trabalho constitui uma pesquisa empírica, uma vez que é direcionado a um problema real. São utilizadas tanto uma abordagem qualitativa quanto quantitativa. Em relação à abordagem qualitativa, essa tem um caráter exploratório, visto que tem por objetivo investigar características do problema real e a sua adesão a um modelo teórico (MARTINS, 2012), que nesse caso específico, é o problema de planejamento e sequenciamento de projetos. Em relação à abordagem quantitativa, a pesquisa pode ser classificada como empírica normativa, pois visa à construção de um modelo de otimização, que prescreve um conjunto de ações para melhorar o processo de tomada de decisões em relação à melhor abordagem utilizada atualmente, que é um planejamento individual não sistematizado.

Segundo Morabito e Pureza (2012), a pesquisa empírica visa assegurar a adesão entre as observações e as ações do sistema real e o modelo elaborado para representá-lo. A pesquisa empírica também se preocupa em testar nos processos reais a validade dos modelos científicos obtidos pela pesquisa teórica quantitativa e com a qualidade e desempenho das soluções resultantes. Pesquisas normativas, por sua vez, buscam estabelecer políticas que visem à melhoria de uma situação corrente ou à otimização de um processo de tomada de decisão.

A pesquisa foi realizada em duas fases distintas, sendo que a abordagem qualitativa precedeu à fase quantitativa. Para a fase qualitativa, buscou-se responder às seguintes questões de pesquisa:

- Quais são as semelhanças entre o problema do ajuste semestral de matrícula do curso de Engenharia de Produção - ICEA/UFOP e o problema teórico de planejamento e sequenciamento de projetos?
- Sabendo-se que o problema de planejamento e sequenciamento de projetos pode representar o problema de ajuste de matrícula dos alunos do curso de Engenharia de Produção - ICEA/UFOP, qual a importância dessa abordagem para os alunos do curso?
- Quais são as características que devem ser incorporadas ao modelo de planejamento e sequenciamento de projetos para que este se torne um modelo efetivo para o planejamento de matrícula dos alunos do curso de Engenharia de Produção - ICEA/UFOP?

A fase qualitativa foi realizada em três etapas distintas, todas apoiadas em análise documental. Na primeira fase, foi realizado um estudo da grade curricular do curso. Na

segunda etapa, foram realizadas análises com dados da Situação Final de algumas disciplinas do curso de Engenharia de Produção do *Campus* de João Monlevade desde 2012, ano em que a grade curricular do curso passou a vigorar. Esses dados foram fornecidos pela Pró-Reitoria de Graduação da UFOP. As análises foram apoiadas em estatística descritiva com o propósito de mostrar a necessidade de proposição, implementação e utilização de um modelo de otimização para o ajuste de matrícula dos alunos do curso.

Na terceira fase, apresenta-se um estudo simplificado do histórico de seis alunos do curso, demonstrando que o uso de uma ferramenta de otimização para o ajuste de matrícula pode, de fato, contribuir para a redução do número de períodos que os alunos levam do seu ingresso até a formatura. A fase quantitativa se apoia nos resultados obtidos a partir da fase qualitativa, com o objetivo de adaptar o modelo de sequenciamento de projetos para planejar adequadamente o ajuste de matrícula dos alunos do curso de Engenharia de Produção - ICEA/UFOP.

No diagrama, Figura 1, mostra um processo simplificado para resolução da fase quantitativa do problema. A partir do sistema real é formulado o modelo matemático que através de análises e deduções de seus resultados, conclui se o modelo é satisfatório para resolver o problema real ou não. Em caso negativo, é necessária nova avaliação do sistema real para gerar uma nova formulação.

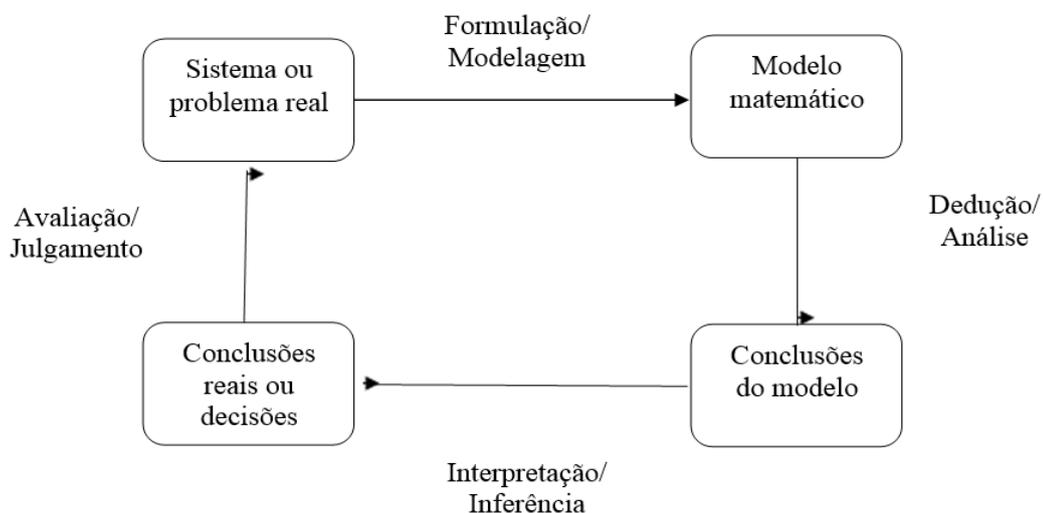


Figura 1: Processo simplificado para resolução de um problema matemático
 Fonte: Morabito e Pureza *et al.* 2002 apud Arenales *et al.* (2007)

Fases para o desenvolvimento da pesquisa sob a ótica da pesquisa operacional:

- i. Definição do Problema:** Segundo Hillier e Lieberman, 2006 e Taha, 2009 é a fase mais importante e mais difícil na prática da pesquisa operacional. Nessa fase é definido o escopo do problema, as decisões de interesse e os objetivos. Deve ser definido também as decisões de interesse e as limitações do modelo. É a fase central da pesquisa, falhas na representação do modelo real implica dificuldades em se obter respostas corretas, por isso é considerada a fase mais importante.
- ii. Construção do modelo:** A partir das informações coletadas na fase de definição do problema é desenvolvido um modelo matemático, através de lógica matemática ou simulações. Muitas vezes, utiliza-se de modelos matemáticos já encontrados na literatura da pesquisa operacional. Dependendo das relações matemáticas, se elas possuem maior grau de complexidade, a simulação pode ser utilizada para gerar uma solução experimental. Testes preliminares e análises com o modelo ajudam na percepção de seu comportamento e em sua adequação.
- iii. Solução:** Com auxílio de *software* e *hardware* computacionais, métodos de solução e algoritmos (sequencia finita e não ambígua de instruções computáveis para solucionar um problema) são utilizados para resolver o modelo construído na fase de construção do modelo. Testes são feitos para identificar possíveis erros, adequação e desempenho da implementação do algoritmo. A fase de solução é considerada a mais bem definida do processo de implementação por lidar com modelos matemáticos precisos para resolução do problema.
- iv. Validação do modelo:** Fase em que se verifica se o modelo proposto representa adequadamente o problema real diante das hipóteses admitidas. Um método comum para verificar a validade de um modelo é comparar seus resultados com dados já existentes. A qualidade da solução também é avaliada. Percebe-se que quanto mais preciso o modelo matemático e a entrada de dados melhor será a qualidade da solução.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Andreuzza (2008), planejamento é uma forma de organizar ideias com relação a um certo tema e estabelecer objetivos e metas, com o intuito de se atingir um determinado resultado.

“ O homem está em constante busca de novas invenções e mudanças. O futuro desperta a imaginação das pessoas, tanto em razão da própria curiosidade, inerente ao homem, e quanto ao medo causado pela insegurança desse contexto mutável em que estamos inseridos. Planejar, portanto, é uma atividade inerente ao ser humano. ”

Andreuzza (2008)

No campo empresarial, o planejamento tem sido um tema amplamente divulgado e utilizado. Segundo TERENCE (2002), a literatura trata o planejamento como uma das tarefas mais importantes de um administrador cujas ações são escolher um destino, avaliar os caminhos alternativos e decidir o rumo específico para alcance do destino escolhido.

MEGGINSON et al.(1986) define planejamento como desenvolvimento de um programa para a realização de objetivos e metas organizacionais, envolvendo a escolha de um curso de ação e como a ação deve ser realizada. Desta forma, o planejamento proporciona a base para a ação efetiva que resulta da capacidade da administração de prever e preparar-se para mudanças que poderiam afetar os objetivos organizacionais.

Para KOTLER & ARMSTRONG (1993) e STONER & FREEMAN(1995), o planejamento proporciona as organizações: (i) encorajamento para pensar sistematicamente no futuro e a melhorar as interações entre os seus executivos; (ii) melhor definição de seus objetivos e de suas políticas; (iii) busca pela obtenção e aplicação dos recursos necessários para alcance dos seus objetivos; (iv) realização atividades consistentes em relação aos objetivos e procedimentos escolhidos pelos membros; (v) padrões de desempenho mais fáceis de controlar e adotar ações corretivas caso o resultado de sua ação não seja satisfatória.

Nesse sentido, para alcançar sucesso no planejamento, as empresas utilizam da Gestão de Projetos como meio estratégico para atingir seus objetivos. Segundo *Project Management Institute*, (Instituto de Gerenciamento de Projetos - PMI), projeto é um conjunto de atividades temporárias, realizadas em grupo afim de produzir um produto, serviço ou resultados únicos.

Com intuito de criar padronização que identifica e conceitua processos, áreas de conhecimento, ferramentas e técnicas, a comissão de padronização do PMI criou o guia PMBOK, *The Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Guia referência na área de Gerenciamento de Projeto que traduz os conceitos mais atuais dessa prática no mundo (PMBOK, 2013). O guia ratifica a definição de projeto do PMI e a complementa explicando o conceito de projeto temporário e único. Temporário devido o mesmo possuir começo e fim bem definidos e único porque cada produto ou serviço gerado é diferente de qualquer outro produto ou serviço.

Geralmente, os projetos são tidos como componentes críticos da estratégia de negócios da organização. O Guia PMBOK(2013) cita como exemplo de projetos o desenvolvimento de um novo produto ou serviço, a implementação de mudança organizacional, o planejamento de um novo veículo de transporte e até mesmo o desenvolvimento de um software para processos de aperfeiçoamento gerencial. O PMI, ressalta que para o projeto apresentar os resultados esperados, é necessário que o mesmo tenha gerenciamento de forma especializada e define Gerenciamento de Projetos como aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas para execução de projetos de forma efetiva. (PMBOK, 2013).

Segundo ainda o PMBOK(2013), existem cinco grupos de processos de gerenciamento de projetos (início, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento) e dez áreas de conhecimento (gerenciamento da integração, escopo, custos, qualidade, aquisições, recursos humanos, comunicações, riscos, tempo e partes interessadas). Dentre essas áreas, a revisão de literatura dará foco no gerenciamento do tempo.

A Gerência do Tempo é composta pela definição das atividades, sequenciamento, estimativa da duração, desenvolvimento e controle do cronograma do projeto. Nela, as atividades definidas no escopo do projeto são detalhadas bem como suas restrições e dados necessários para execução. O sequenciamento das atividades envolve a identificação de dependência entre as mesmas, de modo a gerar um cronograma tangível. No desenvolvimento e controle são assegurados que as atividades sejam executadas dentro do prazo estipulado. (PMBOK, 2013).

Para facilitar o gerenciamento do tempo, o caminho indicado é a partir do escopo do projeto, composto pela soma total de todos os produtos do projeto e seus requisitos, e a criação da Estrutura Analítica do Projeto (EAP). A EAP deve ser dividida em atividades e estas sequenciadas, obedecendo o plano de ação do projeto (NASCIMENTO, 2016).

Ainda segundo NASCIMENTO(2016), o sequenciamento de atividades pode ser feito manualmente ou através de auxílio de *softwares*. O primeiro é mais demorado, porém mais

visual. A vantagem do *software*, por sua vez, está na facilidade da elaboração do cronograma, pois qualquer alteração na sequência ou duração de execução de atividades automaticamente vai refletir no prazo final do cronograma.

As ferramentas e técnicas sugeridas pelo guia PMBOK(2013) para sequenciamento de atividades são o Método de Diagrama de Flecha, Método do Diagrama Condicional, Modelos de Rede e por fim, o mais utilizado, Método de Diagrama de Precedência. Ambos métodos proporcionam uma visualização gráfica do projeto do início ao fim.

No Método de Diagrama de Precedência, são utilizados nós para representar atividades e setas mostram as dependências entre atividade. O diagrama pode representar quatro tipos de relacionamentos lógicos. (i) Término para início, a atividade predecessora deve ser finalizada antes da sucessora. (ii) Início para início, a atividade predecessora deve ser iniciada antes que a sucessora inicie. (iii) Término para término, a atividade predecessora deve ser finalizada antes que a sucessora finalize. (iv) Início para término, a atividade se inicia antes que a próxima finalize.

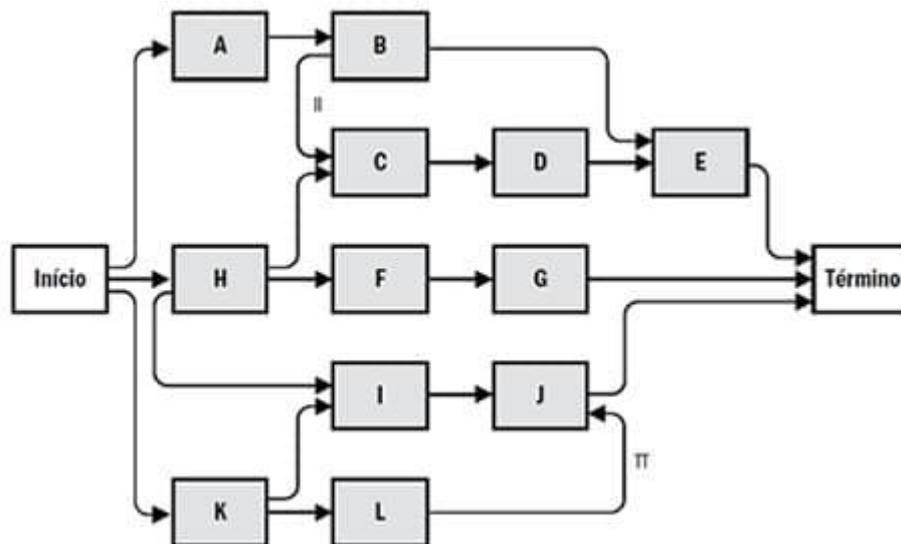


Figura 2: Representação do Método de Diagrama de Precedência

Fonte: Guia PMBOK (2013)

Outros métodos bastante utilizados são o PERT (*Program evaluation and review technique*) e CPM (*Critical path method*). Segundo Tubino, Quezado & Cardoso(1999) esses métodos foram desenvolvidos para o planejamento e controle da produção.

Com o cronograma PERT/CPM é possível identificar o início e o fim do projeto, a duração, a folga e a relação de cada atividade, além de identificar as atividades críticas,

atividades que não podem sofrer atrasos para que o prazo seja cumprido. É possível determinar então, a duração total do projeto (MENEZES,2001).

Para problemas mais específicos de Sequenciamento de Projetos com alocações de recursos escassos, foi proposto por Drexl, Salewski e Schirmer (1997) o modelo de MIRC PSP (*Mode Identity Resource- Constrained Project Scheduling Problem*) em um artigo.

Segundo esses autores acima, o problema de programação de projetos com recursos limitados requer a utilização do modo de identidade que refere-se a uma generalização do caso multimodo no qual o conjunto de todos os postos de trabalho é dividido em subconjuntos independentes, mas devem ser processados do mesmo modo. Tanto o tempo quanto os custos incorridos pelo processamento de um subconjunto dos postos de trabalho dependem dos recursos que lhe são atribuídos. Com relação a precedência e ao tempo de execução, surge a questão de quais trabalhos e recursos devem ser atribuídos de forma a atingir os objetivos propostos.

Para Brucker et al. (1998, apud Vieira, 2007), a dificuldade desse tipo de problema é resultado das restrições de limitação de recursos que impedem que atividades que necessitam do mesmo tipo de recurso comecem a ser executadas simultaneamente.

3.1 O projeto

De forma a responder as questões acima citadas, o projeto elaborado considera trabalhos j a serem agendados durante um horizonte de planejamento t sujeitos a certa precedência e restrições temporais. Cada trabalho pode ser atribuído a um ou mais R recursos renováveis e N recursos não renováveis. Além disso, o conjunto de todos os trabalhos é dividido em U subconjuntos independentes, e todos os trabalhos que formam um subconjunto têm de ser realizados pelos mesmos recursos. Tempo e custos incorridos pelo processamento de um subconjunto dependem dos recursos atribuídos a ele. O objetivo é encontrar um percurso menos caro em que o projeto seja concluído pelo horizonte de planejamento dado. (DREXL, SALEWSKI E SCHIRMER,1997)

3.2 Formulação do Modelo do MIRC PSP

O modelo matemático sugerido para resolução do problema de projeto do caso multimodo requer os seguintes parâmetros:

Tabela 1: Parâmetros do MIRC PSP

Parâmetros do MIRC PSP	
c_{um}	Custo de processamento do subconjunto u no modo m .
d_{jm}	Tempo necessário para executar a tarefa j no modo m .
δ_j	Prazo de trabalho j
H_u	Subconjunto não vazio específico de trabalhos.
J	Número de postos de trabalho, indexada por j
k_{jmn}^v	O consumo total de recursos não renováveis n necessários para executar a tarefa j no modo m .
k_{jmr}^p	O consumo por período de uso do recurso r renovável exigida para executar a tarefa j no modo m
k_n^v	Disponibilidade total de recursos não renováveis n
k_{rt}^p	Disponibilidade de recursos r renovável no período t
λ_j	Data de lançamento da tarefa j
M_u	Número de modos de subconjunto u , indexado por m
N	Número de recursos não renováveis, indexados por n
$q_{j'jm'm}$	Modo dependente do tempo de execução que necessitam acabar para começar, para $j' \in V_j$ se $j'(j)$ é processado no modo $m'(m)$.
R	Número de recursos renováveis, indexados por r .
T	Número de períodos (horizonte de planejamento), indexado por t
U	Número de subconjuntos disjuntos de empregos, indexadas por u .
V_j	Conjunto de todos os antecessores imediatos de trabalho j .

Fonte : Drexl, Salewski e Schirmer (1997)

Os parâmetros $c_{um}, d_{jm}, \delta_j, k_{jmn}^v, k_{jmr}^p, k_n^v, k_{rt}^p, \lambda_j, N, R$, assumem valores inteiros não negativos, já os parâmetros H_u, J, M_u, T, U, V_j , assumem valores inteiros positivos e o parâmetro $q_{j'jm'm}$ corresponde a valores arbitrários, podendo assumir valores inteiros positivos ou negativos e zero.

Assumi-se para todos os trabalhos j e j' ($1 \leq j \leq J; 1 \leq j' \leq J$), isso significa que nenhuma tafera pode ser antecessor direto de si mesmo. Mas a hipótese não exclui o caso em

que $j' \in V_j$ e $j \in V_{j'}$, seja executado simultaneamente de modo que uma tarefa pode ser seu próprio predecessor indireto.

Afim de reduzir o número de variáveis binárias na formulação do MIRC PSP, calcula-se a partir do parâmetro $q_{j'jm'}$, a liberação de datas λ_j , e os prazos δ_j para cada tarefa j . A tarefa deve ser concluída dentro do intervalo $[ES_j + d_{jm}, LF_j]$ para que nenhuma das restrições temporais sejam violadas. Além disso, para que a tarefa tenha menor índice de conjuntos vazios H_u , definiu-se o subconjunto, $f_u = \min\{j | j \in H_u\}$. Segue abaixo o modelo matemático descrito por Pritsker et al. (1969, apud Drexl, Salewski e Schirmer, 1997).

Definição da Variável

$$x_{jmt} \begin{cases} 1, \text{ se a tarefa } j \text{ é realizada no modo } m \\ 0, \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (1)$$

Equação

$$\text{Minimize } Z(x) = \sum_{u=1}^U \sum_{m=1}^{M_u} c_{um} \sum_{t=ES_{f_u} + d_{f_u m}}^{LF_{f_u}} x_{f_u m t} \quad (2)$$

Sujeito a:

$$\sum_{m=1}^{M_u} \sum_{t=ES_{f_u} + d_{f_u m}}^{LF_{f_u}} x_{f_u m t} = 1 \quad 1 \leq u \leq U \quad (3)$$

$$\sum_{t=ES_{f_u} + d_{f_u m}}^{LF_{f_u}} x_{f_u m t} = \sum_{t=ES_j + d_{jm}}^{LF_{f_u}} x_{jmt} \quad 1 \leq u \leq U \quad \forall j \in H_u\{f_u\}, \quad (4)$$

$$1 \leq m \leq M_u$$

$$\sum_{t=ES_{j'} + d_{j' m'}}^{LF_j} (t + q_{j'jm'}) x_{j' m t} \leq \sum_{t=ES_j + d_{jm}}^{LF_j} (t - d_{jm}) x_{jmt} \quad 1 \leq u' \leq U \quad \forall j' \in H_{u'}, 1 \leq u \leq U, \quad (5)$$

$$\forall j \in H_u,$$

$$\forall j' \in V_j,$$

$$1 \leq m' \leq M_{u'},$$

$$1 \leq m \leq M_u$$

$$\sum_{u=1}^U \sum_{m=1}^{M_u} \sum_{j \in H_u} k_{jmr}^p \sum_{q=t}^{t+d_{jm}-1} x_{jmq} \leq k_{rt}^p \quad q \in \{ES_j + d_{jm}, \dots, LF_j\} \leq r \leq R, \quad (6)$$

$$1 \leq t \leq T$$

$$\sum_{u=1}^U \sum_{m=1}^{M_u} \sum_{j \in H_u} k_{jmn}^v \sum_{t=ES_j+d_{jm}}^{LF_j} x_{jmt} \leq k_n^v \quad 1 \leq n \leq N \quad (7)$$

$$\begin{aligned} x_{jmt} \in \{0,1\} & 1 \leq u \leq U, & \forall j \in H_u, & (8) \\ ES_j + d_{jm} \leq t \leq LF_j & & 1 \leq m \leq M_u & \end{aligned}$$

Em (2), x representa o vetor de todas as variáveis binárias, $Z(x)$ é o valor da função objetivo para todos os vetores de x possíveis em relação as equações de (3) a (8). Em virtude das restrições do modo identidade (4), apenas o trabalho com o menor índice de cada subconjunto de necessidades será considerado, para manter os trabalhos correspondentes ao modo. A restrição de conclusão da tarefa (3) estipulam que o trabalho com o menor índice de cada subconjunto de trabalhos é executado apenas uma vez em um de seus modos.

As restrições de identidade de modo (4) garante para cada subconjunto de postos de trabalho que, se o trabalho com o menor índice for executado, em seguida, todos os outros postos de trabalho serão executados do mesmo modo. Assim, (3) e (4) se completam para garantir que todos os postos de trabalho de cada subconjunto será processado no mesmo modo e que todas elas serão concluídas. A restrição (5) garante as relações de defasagens de tempo e de precedência entre os postos de trabalhos. As limitações de capacidade (6) e (7) representam por período as restrições totais de disponibilidade de recursos renováveis e não-renováveis, respectivamente.

3.4 O modelo de Francischini (2015)

Francischini (2015) utilizou dos conceitos de sequenciamento de projetos com restrição de recursos na elaboração de um modelo que facilite o planejamento da matrícula semestral de alunos da Engenharia de Produção do ICEA.

O objetivo do modelo é minimizar a quantidade de períodos necessários para conclusão de todas as disciplinas que restam para o aluno cursar, e informar, como resposta final, o período em que irá concluí-las.

Para construção do modelo foi utilizado os seguintes índices:

Conjuntos:

- $H_{(p)}$ Conjunto de disciplinas disponíveis no período p .
- P Conjunto de períodos existentes.
- D Conjunto de disciplinas existentes.

$PR_{(d)}$ Conjunto de pré-requisitos da disciplina d .

Variáveis de Decisão

$x_{(d,p)}$ Indica se a disciplina d está sendo cursada no período p .

y_p Indica se o período p está ativo.

Parâmetros e atributos

$c_{(d)}$ Créditos referentes a disciplina d .

C_{max} Créditos máximos que podem ser cursados em um período.

$S_{realizado}$ Último período cursado pelo aluno.

Modelo Francischini (2015):

$$\text{Min } R_1: S_{realizado} + \sum_{p \in P} y_p \quad (9)$$

Sujeito a:

$$\sum_{p \in P \setminus d \in H(p)} x_{dp} = 1 \quad \forall d \in D \quad (10)$$

$$\sum_{d \in D} x_{dp} c_d \leq C_{max} \quad \forall p \in P \quad (11)$$

$$\sum_{p \in P \setminus p < k} x_{dp} \geq 1 \quad \sum_{p \in P \setminus p \leq k} x_{mp} \quad \forall d \in D \quad \forall m \in D \quad (12)$$

$$k \in P \quad d \in PR_{(m)}$$

$$\sum_{d \in D} x_{dp} \leq y_{dp} M \quad \forall p \in P \quad (13)$$

$$y_p \geq y_{p+1} \quad \forall p \in P \setminus p \neq P_{ultimo} \quad (14)$$

$$x_{dp} + x_{mp} \leq 1 \quad (15)$$

$$x_{dp} \in \{0,1\} y_p \in \{0,1\} \quad (16)$$

Esse modelo garante que :

- Cada disciplina seja realizada em apenas um período, sendo que a mesma deve estar disponível no respectivo período;
- A carga horária não exceda 8 matérias, pelas regras da UFOP.
- As matérias que são pré-requisitos sejam cursadas no mínimo um semestre antes;
- O período esteja sendo cursado e que não haja períodos vazios;
- Os horários de duas disciplinas não se choquem;

Os testes do modelo de Francischini (2015) foram realizado a partir dos dados da autora. Foram criados dois roteiros a partir do 4º período de graduação. Um hipotético, formulado a partir das experiências da autora, e outro gerado como solução do modelo matemático proposto. Os roteiros podem ser vistos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 2: Roteiro hipotético gerado por Francischini (2015)

1º Período	2º Período	3º Período	4º Período
CEA 001	ENP 152	ATV 100	ATV 100
CEA 030	CEA 003	ENP 151	ENP 151
CEA 031	CEA 004	CEA 009	ENP 017
ENP 100	ENP 005	ENP 157	ENP 155
ENP 101	CEA 428	ENP 154	ENP 122
CEA 160	CEA 301	CEA 301	CEA 301
		CEA 700	CEA 404

5º Período	6º Período	7º Período	8º Período	9º Período	10º Período	11º Período
CEA 301	CEA 428	CEA 302	CEA 006	CEA 013	ENP 028	ENP 158
ENP 014	ENP 122	ENP 123	CEA 428	CEA 153	ENP 156	ENP 161
ENP 015	CEA 301	CEA 006	ENP 023	ENP 119	ENP 029	
CEA 428	CEA 012	CEA 007	ENP 022	ENP 141	ENP 160	
ENP 119	ENP 019	CEA 020		ENP 159	ENP 701	

Fonte: FRANCISCHINI, 2015, p. 27

Tabela 3: Roteiro gerado pelo modelo matemático proposto por Francischini (2015)

5º Período	6º Período	7º Período	8º Período	9º Período
CEA 119	CEA 015	CEA 014	ENP 701	ENP 019
CEA 301	CEA 006	CEA 032	ENP 575	ENP 123
CEA 012	CEA 020	CEA 122		ENP 029
ENP 153	ENP 126	ENP 029		ENP 158
ENP 155	ENP 160	CEA 302		ENP 161
CEA 007	ENP 548	ENP 023		ENP 534
ENP 156	ENP 028	CEA 013		ENP 141
ENP 572	ENP 565	ENP 022		ENP 159

Fonte: FRANCISCHINI, 2015, p. 28.

O modelo matemático mostrou-se mais eficaz do que o modelo hipotético. Percebe-se também que o número de períodos do modelo matemático é inferior aos 10 períodos estabelecidos pela matriz curricular.

4. ANÁLISE DO PROBLEMA REAL

4.1 A Grade Curricular

A atual grade curricular do curso passou a vigorar a partir do primeiro semestre de 2012. Houve modificações quanto a algumas disciplinas ofertadas a fim de equilibrar a grade com as áreas de conhecimento definidas pela ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção) e mudanças referentes a relação de precedência entre as disciplinas. A Figura 3 mostra como essas disciplinas estão distribuídas ao longo do curso, bem como a existência de relações de pré-requisitos entre várias disciplinas do curso. Esses pré-requisitos são descritos em termos de disciplinas que devem ser cursadas previamente e de horas acumuladas no curso.

No gráfico de setas, as matérias foram alocadas de acordo com o período estipulado para sua realização e destacadas de acordo com os campos da matriz de conhecimento elaborada pela ABEPRO (2008). Cada cor representa um campo de acordo com a legenda. As setas indicam a ordem de precedência das disciplinas que podem ser cursadas. As disciplinas pré-requisito devem ser concluídas primeiro. Observa-se grande número de matérias dependentes, o que torna o projeto complexo, caso haja atrasos.

Segundo o Manual do Estudante de Graduação da UFOP, o prazo máximo para que o aluno conclua o curso é igual a uma vez e meia o tempo estabelecido na matriz curricular do mesmo, sendo o valor arredondado para inteiro imediatamente superior, caso o resultado obtido não seja inteiro. Pela matriz curricular do curso de Engenharia de Produção do ICEA, o tempo estabelecido para conclusão é de dez semestres e o aluno tem até quinze semestres para concluí-lo.

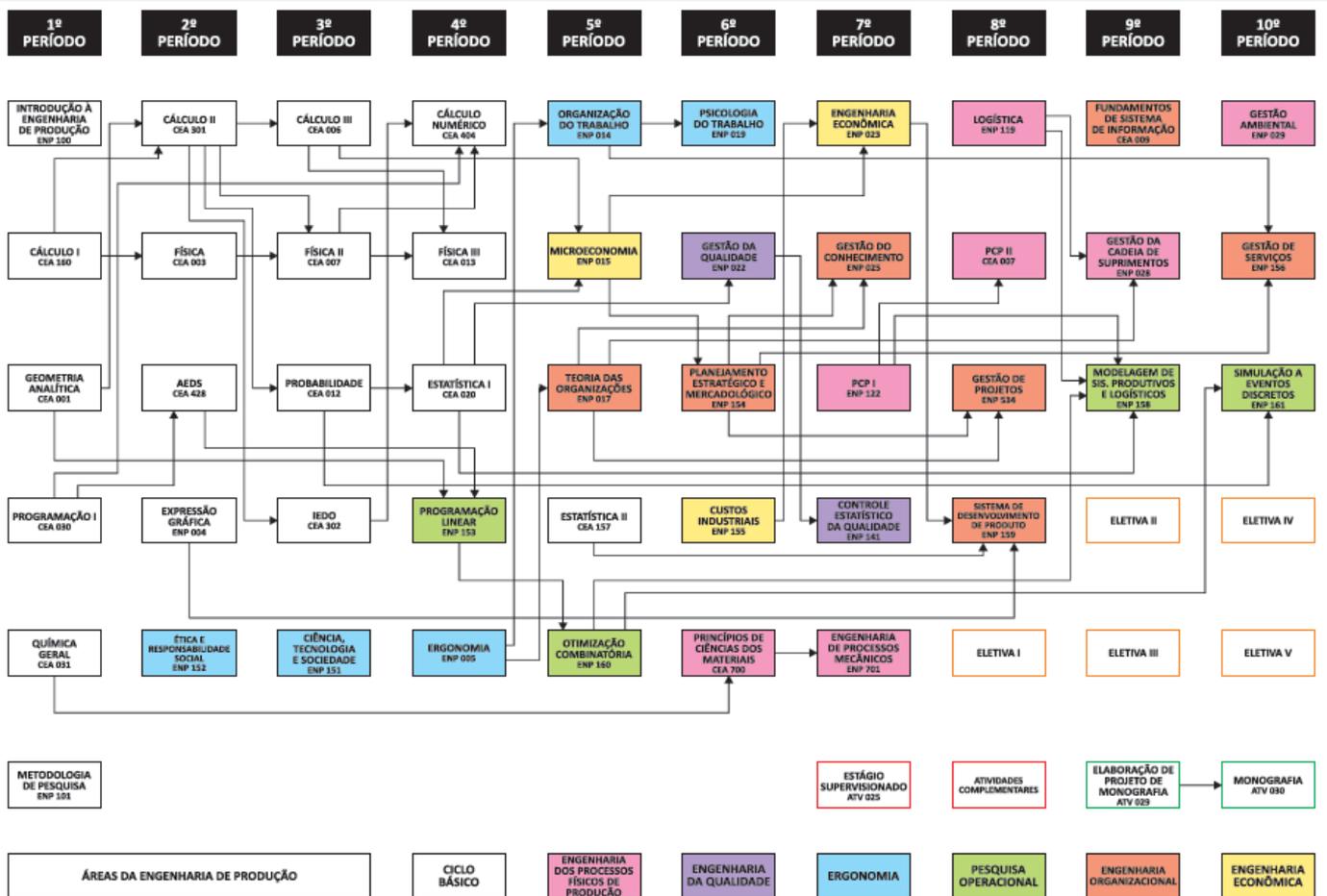


Figura 3- Gráfico de setas da grade curricular do curso de Engenharia de Produção

Reescrevendo a grade em números, obtém-se a quantidade total de tarefas a serem executadas e o tempo mínimo para execução das mesmas, de acordo com o Quadro 1.

Tabela 4: Tarefas a serem executadas

Tarefas	Quantidade	Tempo Mínimo de Execução
Disciplinas Obrigatórias	48	2790 h
Disciplinas Eletivas	5	300 h
Atividades Complementar	-	240 h
Monografia	1	180h
Estágio	1	160h
TOTAL	55	3670 h

Fonte: Matriz Curricular do Curso de Engenharia de Produção do ICEA

De acordo com o projeto político pedagógico do curso, o aluno pode se matricular em até 480 horas de disciplinas, carga horária que corresponde a 8 matérias por período. As matérias podem ser cursadas a qualquer período desde que respeitem os pré-requisitos

(disciplinas ou horas mínimas cursadas). Há possibilidade de pedido de quebra de pré-requisito e/ou de excesso de carga horária pelo aluno. Nesses casos, o Colegiado do curso avalia a necessidade do pedido podendo deferi-lo ou indeferi-lo. (PROGRAD, 2017)

A renovação da matrícula acontece a cada semestre letivo em datas estipuladas no calendário acadêmico sendo efetuada pela Pró-Reitoria de Graduação de maneira automática para os alunos regulares. A Pró-Reitoria também divulga o cronograma de ajuste de matrícula pelo site da UFOP.

Na plataforma de ajuste de matrícula ficam dispostos para o aluno apenas os horários e as matérias liberadas para cursar no semestre, não abrangendo as futuras matérias a serem cursadas, a partir das matérias escolhidas para o semestre.

4.2 O Processo de Retenção ao Longo do Curso

O curso de Engenharia de Produção - ICEA/UFOP começou a ser ofertado no ano de 2002. Desde então, já se formaram, segundo dados da PROGRAD, 334 alunos e 388 estão em formação.

Na Figura 4, verifica-se que 36,7% dos alunos não concluem o curso em até cinco anos.

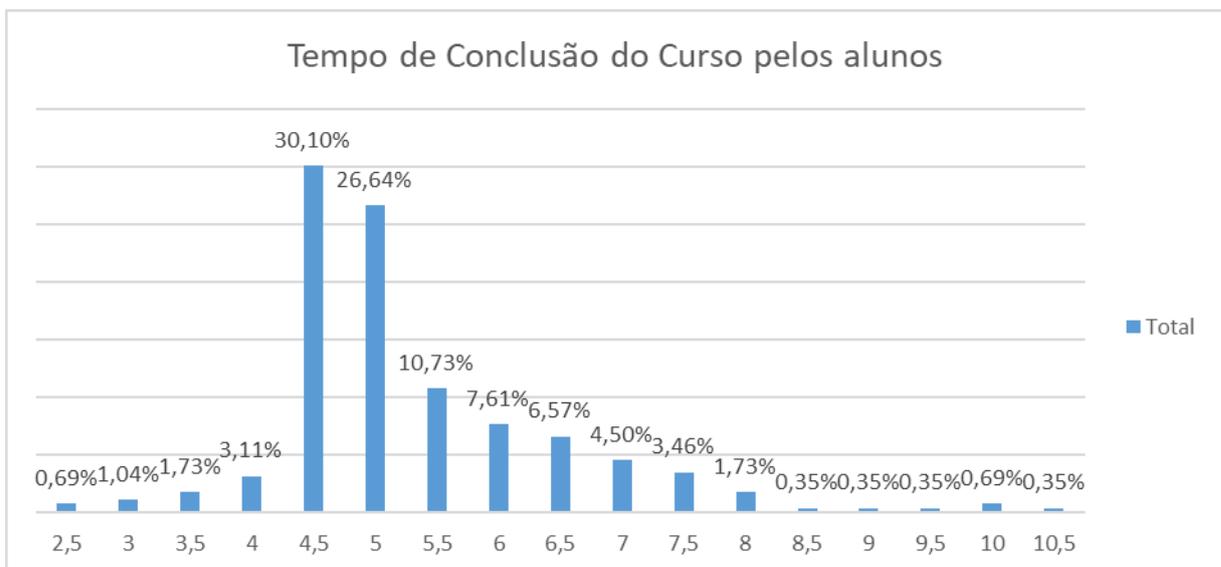


Figura 4- Tempo de Conclusão pelos formandos

A análise de retenção do processo do curso foi realizada a partir de dados da situação final das disciplinas nos anos de 2012 a 2015. Os dados consistem em números de aprovados, reprovados e de trancamentos da matéria. Em relação às disciplinas de Matemática, as figuras 5, 6 e 7 mostram os resultados para as disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral I, II e III. Em relação à disciplina de Cálculo I, não é possível fazer o trancamento da mesma, visto que é obrigatória para o primeiro período do curso. Em metade dos períodos analisados, o número de reprovações superou o número de aprovações, indicando um altíssimo índice de reprovações ao longo do tempo.

A partir do segundo período do curso, os alunos já podem fazer o trancamento da matrícula das disciplinas dentro de um prazo estabelecido no calendário acadêmico. O alto índice de trancamentos verificado nas disciplinas de Cálculo II e Cálculo III demonstra que os alunos não conseguem, *a priori*, dimensionar a sua carga de trabalho ao fazer o ajuste de matrícula. Em decorrência disso, ao longo do período, uma quantidade significativa de alunos realiza o trancamento dessas disciplinas, o que corrobora ainda mais, para o atraso dos alunos no andamento do curso e o não cumprimento da sua carga horária de disciplinas dentro do prazo estabelecido pelo projeto político pedagógico do curso.

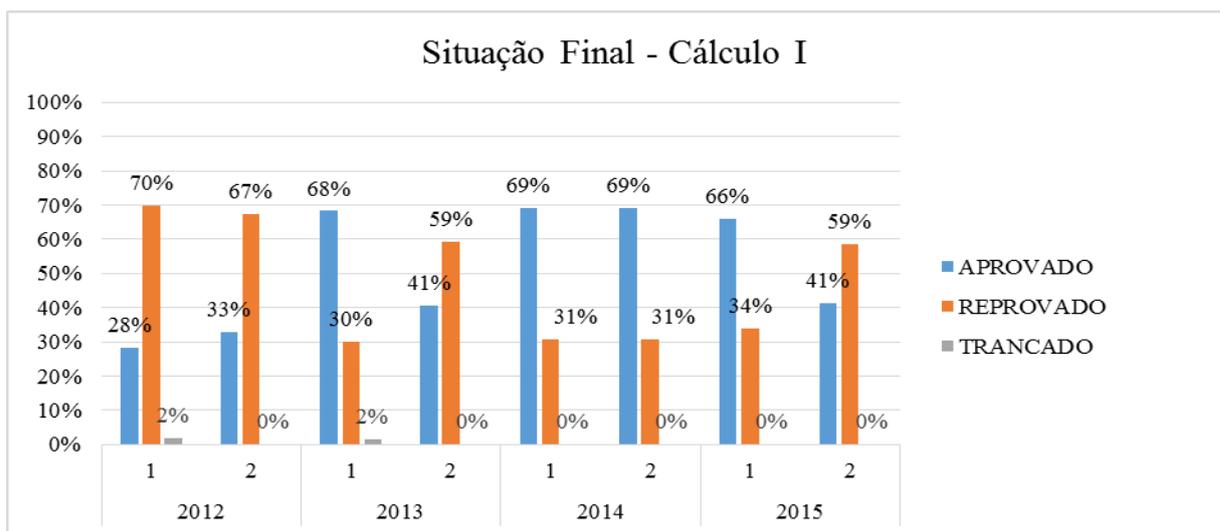


Figura 5: Situação final da disciplina Calculo I a partir de 2012

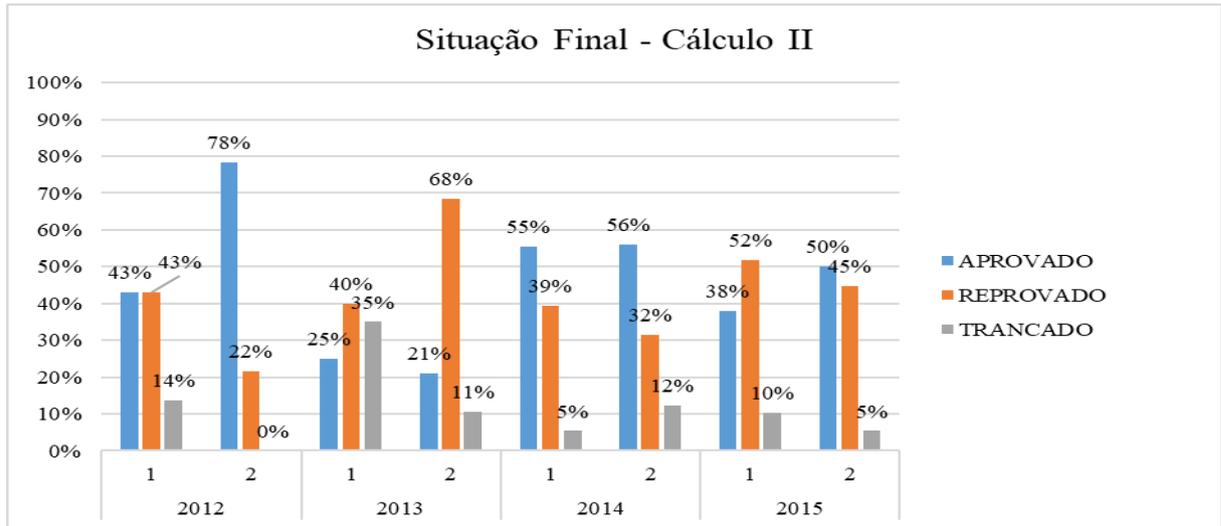


Figura 6: Situação final da disciplina Cálculo II a partir de 2012

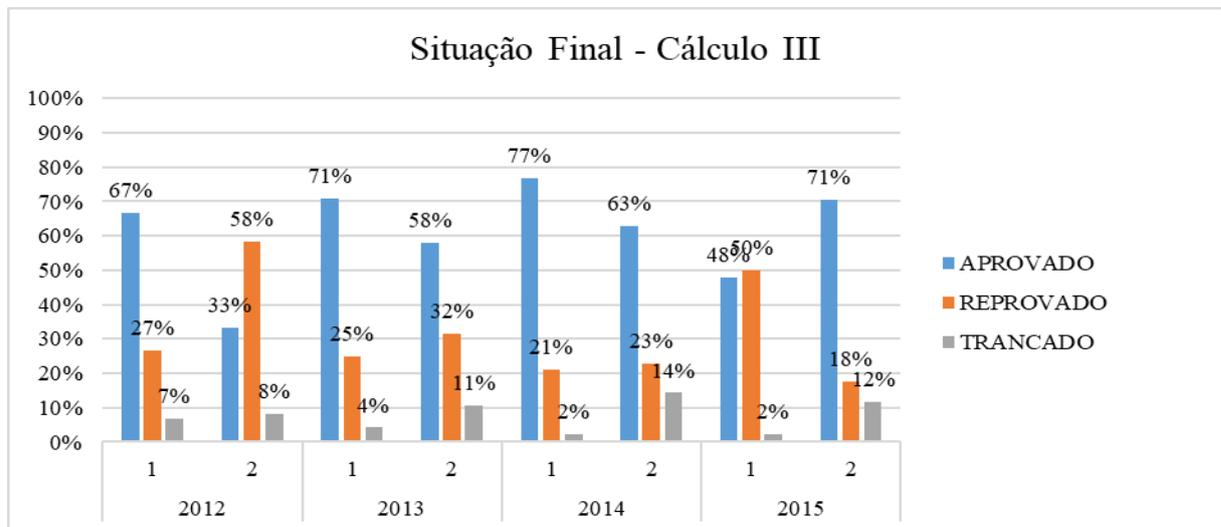


Figura 7: Situação final da disciplina Cálculo III a partir de 2012

Ainda nas disciplinas de Matemática, a disciplina de Probabilidade é pré-requisito para a disciplina de Estatística I. Ao se verificar o gráfico da Figura 8, observa-se também um alto índice de trancamento, o que, novamente, corrobora para o atraso dos alunos no curso. A disciplina de Estatística, mostrada na Figura 9, já apresenta um alto índice de aprovações, mostrando que os alunos dessa disciplina, que estão a partir do quarto período, já demonstram mais familiaridade com as disciplinas e já apresentam um melhor andamento no curso que os ingressantes.

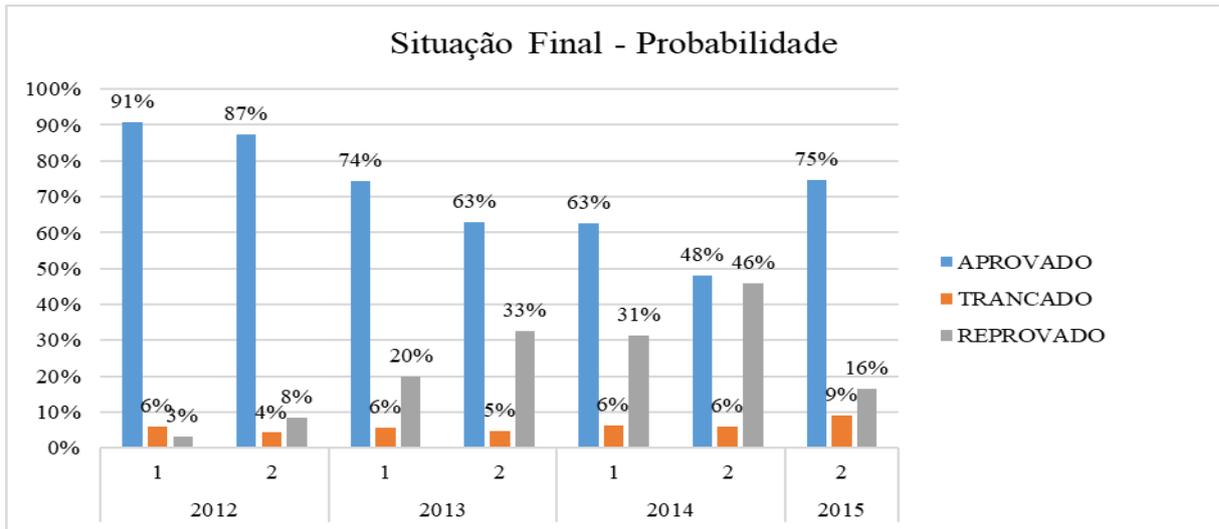


Figura 8: Situação final da disciplina Probabilidade a partir de 2012

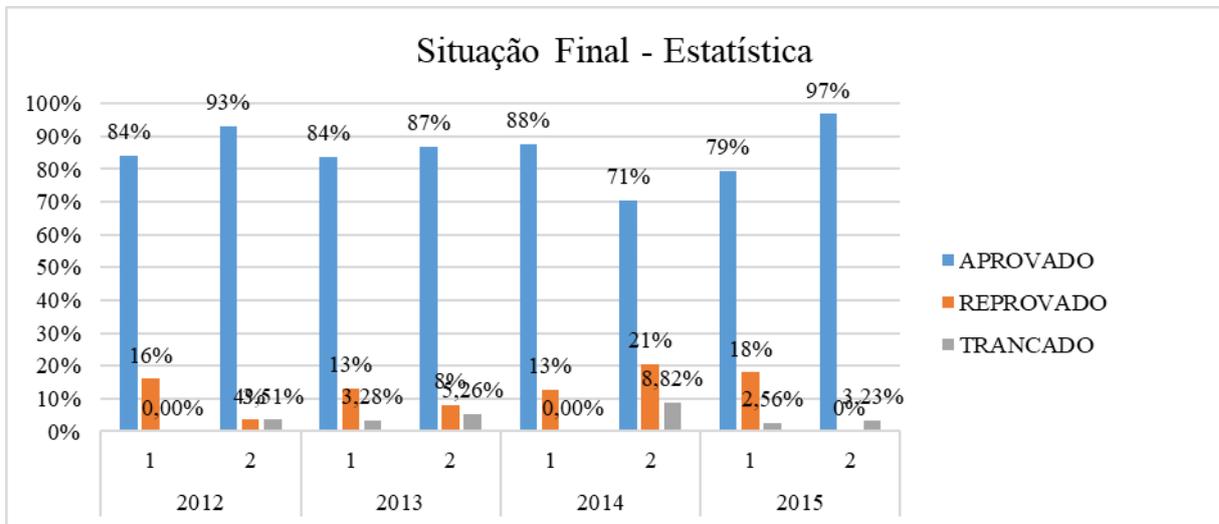


Figura 9: Situação final da disciplina Estatística a partir de 2012

A disciplina de Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias, IEDO, também foi analisada na Figura 10, mostrando que os períodos a partir do ano de 2013 apresentam resultados melhores do que os observados em 2012, quando a nova grade do curso foi implementada.

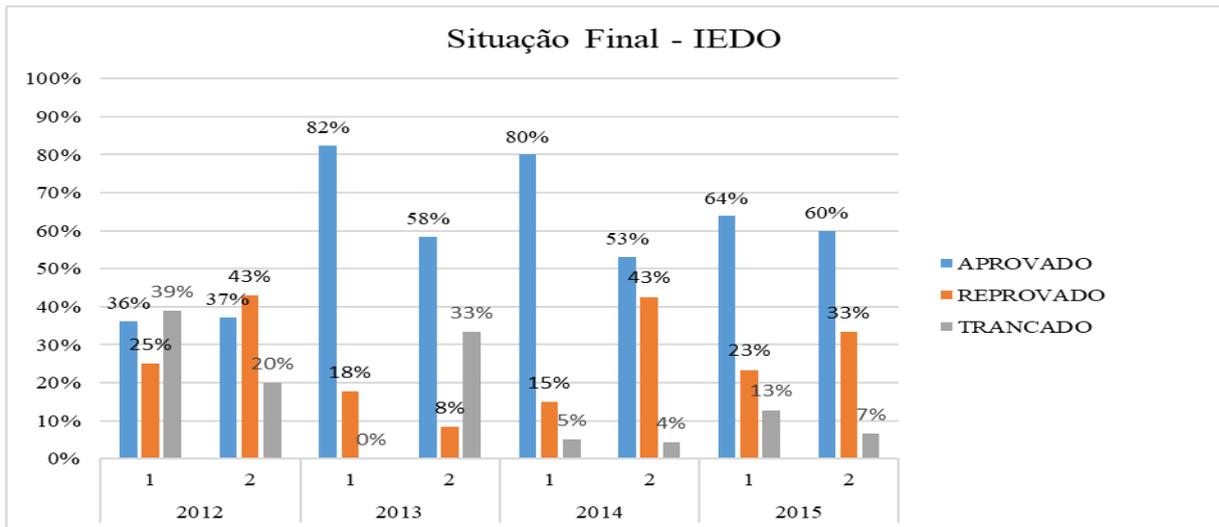


Figura 10: Situação final da disciplina IEDO a partir de 2012

As disciplinas do Departamento de Computação e Sistemas são vistas por muitos alunos como obstáculos a serem superados no início do curso. Como pode ser visto nas Figuras 11 e 12, os índices de reprovação nas disciplinas de Programação de Computadores I e Algoritmo e Estrutura de Dados I são elevadíssimos, levando ao atraso de muitos alunos do curso. A disciplina de Cálculo Numérico, mostrada na Figura 13, por sua vez, apresenta bons índices de aprovação.

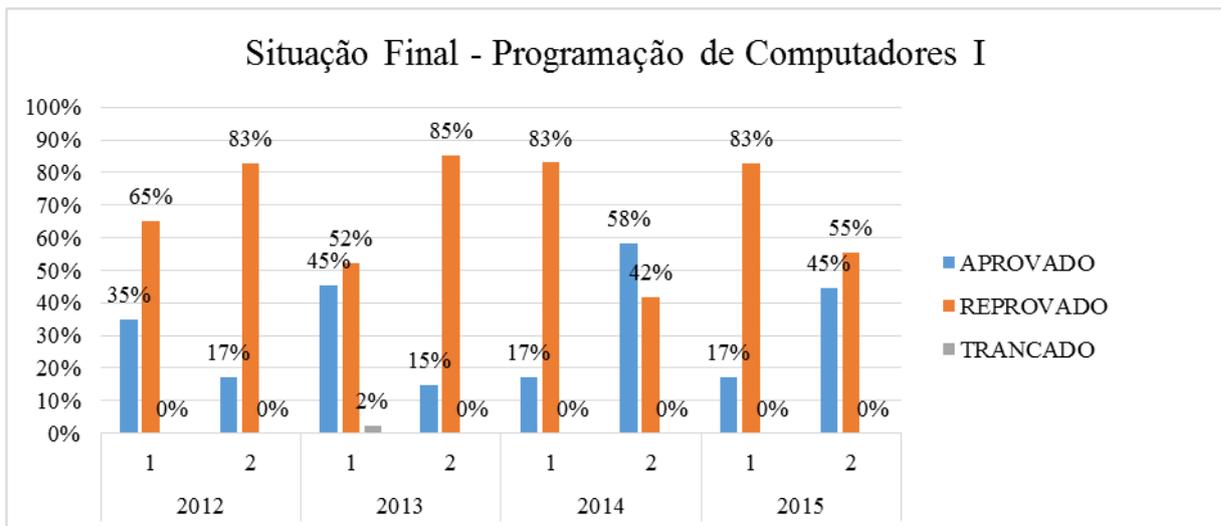


Figura 11: Situação final da disciplina Programação de Computadores I a partir de 2012

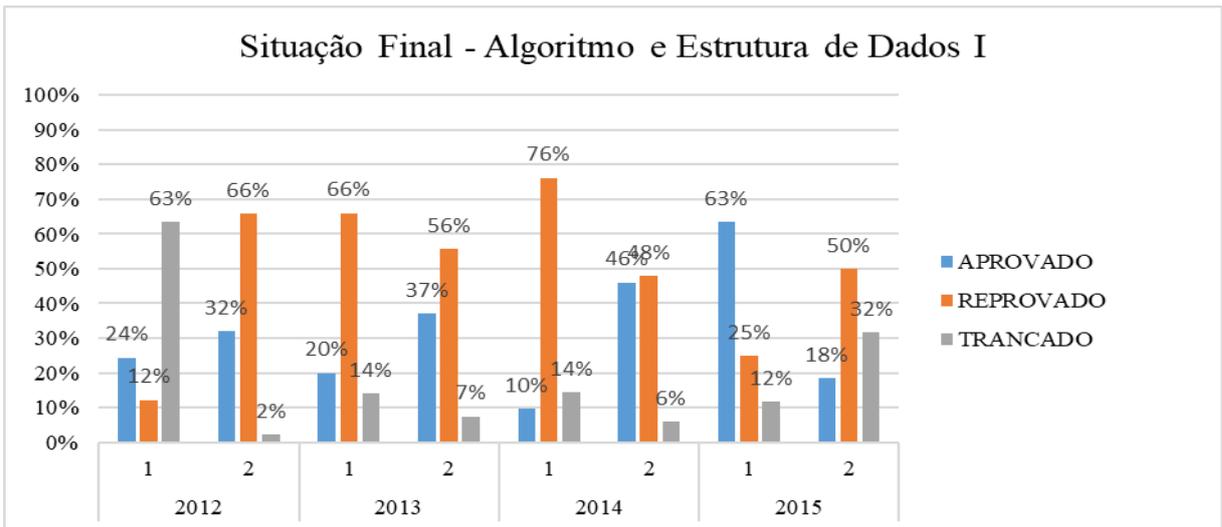


Figura 12: Situação final da disciplina Algoritmo e Estrutura de Dados I a partir de 2012

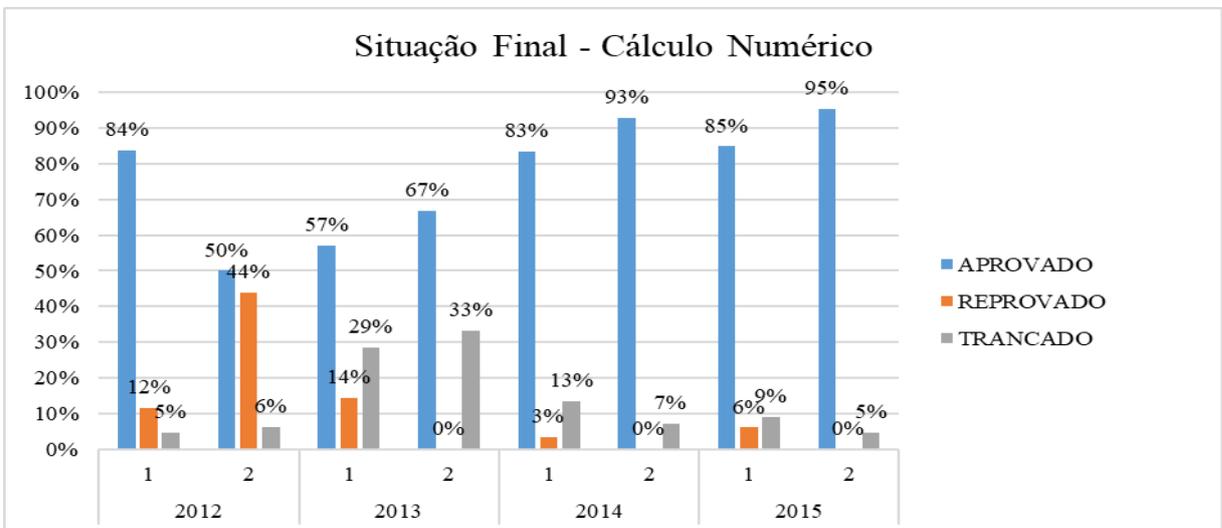


Figura 13: Situação final da disciplina Cálculo Numérico a partir de 2012

As disciplinas da área de Física têm seus resultados apresentados nas Figuras 14, 15 e 16. Dentre elas, apenas Física I tem alto índice de reprovações. As demais, no entanto, também apresentam índices consideráveis de trancamentos. Com isso, fica evidente que os alunos dos primeiros períodos do curso não têm sido bem sucedidos no planejamento do ajuste de matrícula, o que pode levar à reprovação e ao trancamento de disciplinas. Em ambos os casos, o aluno foge tanto das determinações impostas pelo projeto pedagógico quanto do seu próprio planejamento individualizado. Embora o aluno não tenha como fugir de cursar as disciplinas na ordem determinada pelos pré-requisitos, ele não respeita os blocos determinados para cada período, no que diz respeito aos conteúdos e competências esperadas a cada período concluído do curso.

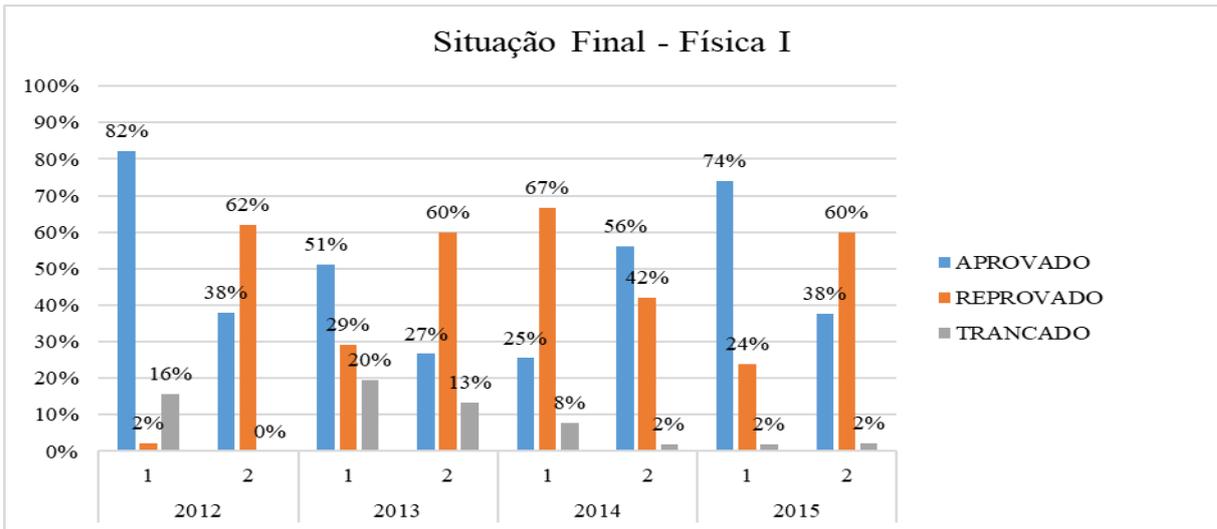


Figura 14: Situação final da disciplina Física I a partir de 2012

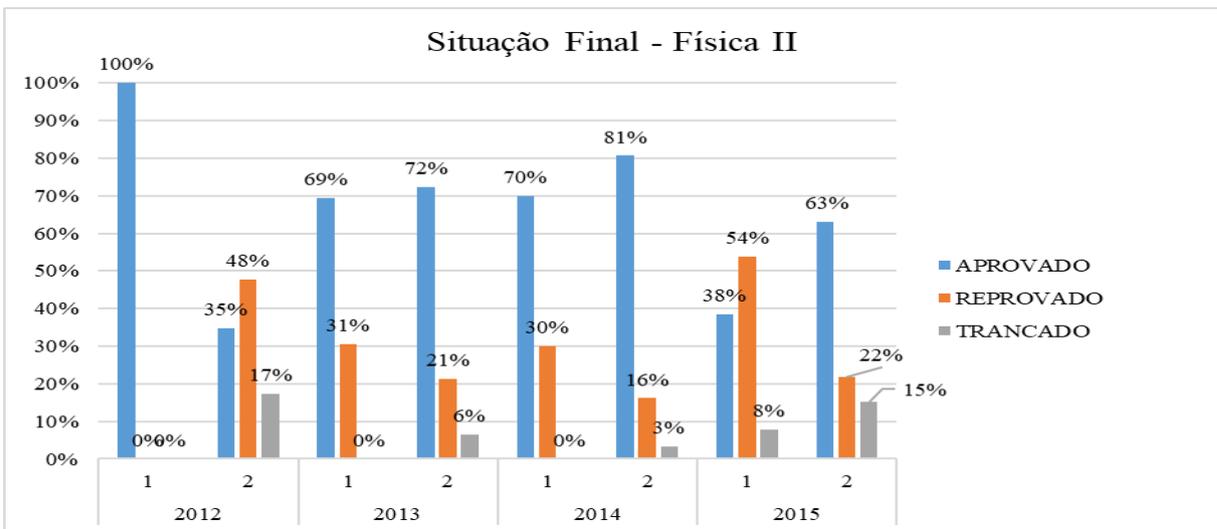


Figura 15: Situação final da disciplina Física II a partir de 2012

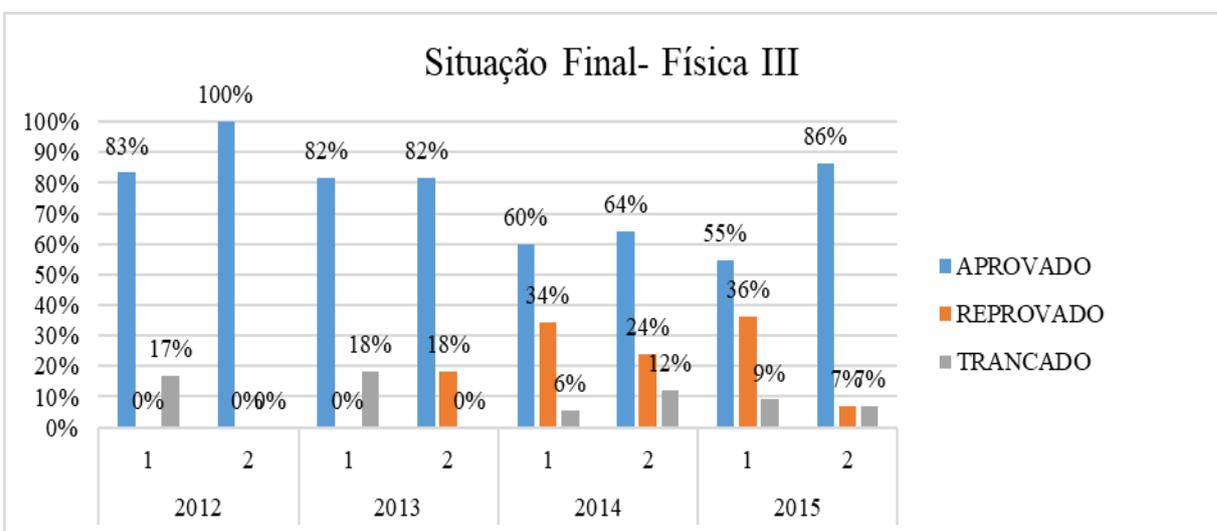


Figura 16: Situação final da disciplina Física III a partir de 2012

4.3 Oferta de Horários

O curso é oferecido em dois turnos, vespertino e noturno, sendo que sempre no primeiro semestre de cada ano uma turma inicia no turno vespertino e, no segundo semestre, no noturno. A oferta de disciplinas em dois períodos é uma grande vantagem para os alunos, visto que eles podem cursar matérias nos dois turnos. Outra vantagem do *campus* é a oferta de mais dois cursos de Engenharia, o da Computação e a Elétrica. Matérias correspondentes podem ser feitas pelos alunos da Engenharia de Produção em turmas desses cursos. Isso proporciona maior possibilidades de escolha de horários na realização da matrícula.

Um avanço no sentido de melhorar a situação dos alunos foi implementado pelo DEENP - Departamento de Engenharia de Produção, departamento que oferta o maior número de disciplinas para o curso, para planejar o horário de acordo com algumas necessidades específicas dos alunos a partir de 2017-2. A partir do semestre citado, as disciplinas ENP534 - Gestão de Projetos e ENP159 - Sistema de Desenvolvimento de Produto, obrigatórias para o oitavo período, serão ofertadas em horários não coincidentes com as disciplinas obrigatórias do décimo período, evitando que os alunos precisem prolongar o curso em um semestre por colisão de horários que envolvam disciplinas obrigatórias do oitavo e décimo períodos.

4.4 Análise de Perfis Individuais de Alguns Alunos do Curso

Nos quadros a seguir, os itens em azul mostram as disciplinas cursadas e aprovadas pelos alunos, os itens em vermelho mostram as disciplinas em que o aluno foi reprovado, os itens em verde são disciplinas que o aluno teve aproveitamento os itens em preto mostram o planejamento das disciplinas alocadas para que sejam cursadas em menos tempo possível. Esse planejamento foi realizado manualmente, levando em consideração os pré-requisitos das disciplinas e o número máximo de disciplinas que o aluno pode cursar por período.

Foram analisados seis casos reais, cujos históricos foram cedidos voluntariamente por alunos do curso, sob a condição de sigilo das suas identidades. Para cada um desses alunos, foram analisados o curso real seguido no curso e pelo menos uma alternativa de planejamento de matrícula, com base apenas nos pré-requisitos do curso. O Quadro 1 mostra o histórico do Aluno 1. Esse aluno teve 14 reprovações até o presente momento, em que se encontra no final do sétimo período. Verifica-se pelo quadro que o aluno só concluiu as disciplinas do primeiro período ao final do seu quinto período na universidade. O mesmo se encontra cursando uma disciplina do segundo período, apesar de estar no sétimo período, que é Algoritmo e Estrutura

de Dados I. Essa disciplina é pré-requisito da árvore da área de Pesquisa Operacional, que são Programação Linear, Otimização Combinatória, Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I e Simulação a Eventos Discretos. Apenas as duas últimas podem ser cursadas simultaneamente, evidenciando que o aluno não se forma mais em menos de 10 períodos.

Quadro 1- Histórico do aluno 1

HISTÓRICO DO ALUNO 1				
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Atividade Acadêmico Científico-Cultural	Atividade Acadêmico Científico-Cultural
Programação de Computadores I	Programação de Computadores I	Probabilidade	Física I	Física I
Química Geral	Cálculo Diferencial e Integral I	Programação de Computadores I	Probabilidade	Estatística I
Cálculo Diferencial e Integral I	Expressão Gráfica	Cálculo Diferencial e Integral II	Programação de Computadores I	Cálculo Diferencial e Integral II
Introdução à Engenharia de Produção	Ética e Responsabilidade Socioambiental	Princípios de Ciências dos Materiais	Gerência de Recursos Humanos (E)	Programação de Computadores I
Introdução à Metodologia da Pesquisa		Ciência, Tecnologia e Sociedade	Cálculo Diferencial e Integral II	Teoria Geral da Administração(E)
			Princípios de Ciências dos Materiais	Engenharia de Processos Mecânicos
6º PERÍODO	7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO
Cálculo Diferencial e Integral III	Física II			
Física II	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias			
Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Algoritmos e Estrutura de Dados I			
Ergonomia	Organização do Trabalho			
Estatística II	Microeconomia			

O Quadro 2 mostra que se o aluno 1 tivesse feito um bom planejamento a partir do quarto período, ainda seria possível se formar em apenas nove períodos, apesar de, a esse ponto, o mesmo já ter passado por três reprovações. O Quadro 3 mostra que fazendo um bom planejamento ao final do sétimo período, ainda seria possível se formar em 10 períodos.

Quadro 2-Análise do aluno 1 a partir do 4º período

ANÁLISE DO ALUNO 1 A PARTIR DO 4º PERÍODO				
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Cálculo Diferencial e Integral II	ATV 100	Algoritmos e Estrutura de Dados I
Programação de Computadores I	Cálculo Diferencial e Integral II	Princípios de Ciências dos Materiais	Estatística	Cálculo Diferencial e Integral III
Química Geral	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Probabilidade	Cálculo Diferencial e Integral II	Física II
Cálculo Diferencial e Integral I	Expressão Gráfica	Ergonomia	Organização do Trabalho	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias
Introdução à Engenharia de Produção	Ética e Responsabilidade Socioambiental	Ciência, Tecnologia e Sociedade	Teoria das Organizações	Psicologia do Trabalho
Introdução à Metodologia da Pesquisa			Engenharia de Processos Mecânicos	Estatística II
				Gestão da Qualidade
6º PERÍODO	7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO
Física III	Otimização Combinatória	Gestão do Conhecimento	Simulação a Eventos Discretos	
Cálculo Numérico	Planejamento Estratégico e Mercadológico	Sistema de Desenvolvimento de Produto	Eletiva IV	
Programação Linear	Engenharia Econômica	Gestão de Projetos	Eletiva V	
Microeconomia	Planejamento e Controle de Produção II	Elaboração de Projeto de Monografia	Monografia	
Custos Industriais	Gestão da Cadeia de Suprimentos	Fundamentos de Sistemas de Informação		
Planejamento e Controle de Produção I	Eletiva I	Gestão Ambiental		
Controle Estatístico de Qualidade	Eletiva II	Gestão de Serviços		
Logística	Eletiva III	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I		

Quadro 3-Análise do aluno 1 a partir do 7º período

ANÁLISE DO ALUNO 1 A PARTIR DO 7º PERÍODO				
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Cálculo Diferencial e Integral II	ATV 100	Cálculo Diferencial e Integral III
Programação de Computadores I	Cálculo Diferencial e Integral II	Princípios de Ciências dos Materiais	Estatística	Física II
Química Geral	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Probabilidade	Cálculo Diferencial e Integral II	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias
Cálculo Diferencial e Integral I	Expressão Gráfica	Ergonomia	Organização do Trabalho	Psicologia do Trabalho
Introdução à Engenharia de Produção	Ética e Responsabilidade Socioambiental	Ciência, Tecnologia e Sociedade	Teoria das Organizações	Gestão da Qualidade
Introdução à Metodologia da Pesquisa			Engenharia de Processos Mecânicos	
6º PERÍODO	7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO
Física III	Microeconomia	Planejamento Estratégico e Mercadológico	Gestão do Conhecimento	Eletiva V
Cálculo Numérico	Otimização Combinatória	Engenharia Econômica	Sistema de Desenvolvimento de Produto	Monografia
Algoritmos e Estrutura de Dados I	Custos Industriais	Planejamento e Controle de Produção II	Gestão de Projetos	
Microeconomia	Planejamento e Controle de Produção I	Gestão da Cadeia de Suprimentos	Elaboração de Projeto de Monografia	
Programação Linear	Controle Estatístico de Qualidade	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I	Fundamentos de Sistemas de Informação	
Estatística II	Logística	Simulação a Eventos Discretos	Gestão Ambiental	
	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Eletiva II	Gestão de Serviços	
	Eletiva I	Eletiva III	Eletiva IV	

Além desse aluno, foram analisados outros 5 alunos, cujos resultados estão apresentados no Apêndice. O aluno 2 (APÊNDICE A) cursou 9 nove disciplinas em outro curso ou instituição e as aproveitou no curso de Engenharia de Produção - ICEA/UFOP. Esse fato é comum entre os alunos que ingressam no curso e exige que os mesmos tomem decisões de ajuste de matrícula assim que ingressam no curso. De acordo com quadro do APÊNDICE B, seria possível que o aluno se formasse em apenas seis períodos. No entanto, no segundo período, o aluno cursou apenas quatro disciplinas e foi reprovado em Algoritmo e Estrutura de Dados I. Isso requer que ele refaça o seu planejamento, podendo aumentar seu *makespan*.

O aluno 3 que se encontra no APÊNDICE C, também passou pelo problema de reprovar na disciplina de Algoritmo e Estrutura de Dados I. Por quatro vezes, no segundo, no

sexto, no sétimo e no oitavo período. Esse mesmo aluno conseguiu quebra de pré-requisito no sexto período e, assim, cursou Programação Linear no quarto período e Otimização Combinatória no oitavo período, estando apto a cursar as demais disciplinas do percurso. Porém, o aluno reprovou ainda em outras três disciplinas. Pelo quadro do APÊNDICE D, verifica-se que, cursando oito disciplinas por período, ainda há a possibilidade de o aluno conseguir se formar com um *makespan* de nove períodos.

O aluno 4, APÊNDICE E, se formou em onze períodos. Ele também recebeu quebra de pré-requisito para cursar Programação Linear, Otimização Combinatória, Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I e Simulação a Eventos Discretos sem ter sido aprovado em Algoritmo e Estrutura de Dados I. Percebe-se, pelos exemplos estudados, que essa disciplina, apesar de estar alocada no segundo período, tem forte impacto na finalização do curso para vários alunos. Caso o aluno 4 tivesse sido aprovado em Algoritmo e Estrutura de Dados I no sexto período, seria possível que o mesmo se formasse no tempo regulamentar como mostra o APÊNDICE F.

O aluno 5, APÊNDICE G, também aproveitou duas disciplinas cursadas em outro curso ou instituição. Ele foi reprovado em vinte e três disciplinas ao longo do curso, o que equivale a quase cinco períodos regulamentares. O mesmo se formou em treze períodos, isto é, faltando apenas um ano de prazo para o seu jubileamento. Pode-se observar que se o mesmo aluno tivesse sido aprovado em todas as disciplinas a partir do sétimo período, haveria possibilidade de formatura após dez períodos, que é o tempo regular, economizando um ano e meio como pode ser visto no APÊNDICE H.

O aluno 6, APÊNDICE I se formou em catorze períodos. Do sétimo ao nono período, o aluno 6 cursou um número de disciplinas menor que o recomendado pelo projeto político pedagógico do curso. Foram treze reprovações ao longo do curso, mas a redução do ritmo do aluno 6 possibilitou que ele aumentasse o seu desempenho e cursasse mais disciplinas entre o décimo primeiro e o décimo terceiro períodos. Os planejamentos realizados mostram possibilidade de formatura em oito e doze semestres, APÊNDICE J e K.

4.5 Considerações Sobre os Dados Analisados

Depois de realizadas as análises sobre os dados da grade curricular e do projeto político pedagógico do curso, foi possível observar que existem, sim, diversas características comuns desse problema com o problema de planejamento e sequenciamento de projetos. A semelhança mais evidente é que o curso de graduação é constituído de um conjunto definido de tarefas, que englobam disciplinas obrigatórias, disciplinas eletivas, atividades acadêmico

científico cultural, estágio e trabalho de conclusão de curso. Cada uma dessas tarefas pode ou não ter pré-requisitos, sendo possível definir uma rede de precedências entre elas, tal como a já mostrada na Figura 3.

Os alunos, ao longo da graduação, também contam com recursos limitados, uma vez que só é possível cursar até oito disciplinas simultaneamente e que as disciplinas são ofertadas em horários pré-definidos, que não são passíveis de mudanças pelos próprios alunos. Além disso, o curso tem um tempo mínimo exigido de formação, um tempo recomendado para a sua formação e um tempo máximo permitido para a sua conclusão, o que permite a minimização de um *makespan* para cada aluno.

No entanto, existem características distintas entre o ajuste de matrícula e o problema de planejamento e sequenciamento de projetos, tais como as disciplinas com pré-requisitos descritos em termos do número de horas acumuladas no curso, a própria disponibilidade de horário das disciplinas e a possibilidade de aproveitamento de disciplinas cursadas antes do ingresso do aluno no curso. Outra diferença é em relação às disciplinas eletivas, que são escolhidas pelo aluno apenas no momento em que ele irá cursá-las, não podendo serem determinadas *a priori*.

Em relação às análises realizadas sobre as taxas de aprovação, reprovação e trancamento de disciplinas do ciclo básico, verifica-se a necessidade real de planejamento do ajuste de matrícula a cada semestre, de forma que o aluno possa se replanejar e concluir o curso, com qualidade, no prazo recomendado. Nesse sentido, novamente o problema de planejamento e sequenciamento de projetos se torna útil ao aluno que necessita planejar seu ajuste de matrícula, uma vez que permite a identificação de caminhos críticos no curso, ou seja, percursos de pré-requisitos entre disciplinas que, sendo atrasadas, aumentam o *makespan*. Dessa forma, deve-se dar preferência por atrasar disciplinas que estejam fora do caminho crítico e, por isso, apresentem folgas ao longo do percurso, sem alterar o *makespan*.

Em relação às análises realizadas nos históricos de alguns alunos, foi possível perceber que um bom planejamento do ajuste de matrícula, mesmo que sub-ótimo, pode garantir que o aluno se forme no prazo regulamentar. Em todos os casos analisados ficou comprovado que o tempo requerido para a conclusão do curso poderia ter sido reduzido se o aluno tivesse feito um planejamento adequado a cada semestre, independente deste ter passado pelo processo de reformulação de grade, ter tido muitas reprovações ao longo do curso ou da desperiodização provocada pela mudança de curso, ou de instituição de ensino, exigindo que o aluno já faça o seu replanejamento semestral a partir do primeiro período.

5. MODELAGEM DO PROBLEMA

De posse dos resultados das análises de dados realizadas e apresentadas no Capítulo 4, define-se o problema do ajuste semestral de matrícula com as seguintes características:

- Cada disciplina é uma tarefa, que pode ter pré-requisitos descritos em termos de outras disciplinas que devem ser cursadas anteriormente ou descritos em termos do número de horas já acumuladas no curso;
- A cada período, o aluno tem um número máximo de disciplinas a serem cursadas, neste caso específico, oito. A única exceção é o primeiro período, quando o aluno entra no curso sem aproveitamento de disciplinas, quando o mesmo é obrigado a cursar apenas as disciplinas recomendadas pela grade curricular;
- No primeiro período do planejamento do ajuste de matrícula, os horários de oferta das disciplinas devem ser considerados;
- Considerar o número de disciplinas que o aluno deseja fazer no período atual e nos períodos subsequentes.

Devido à abrangência deste trabalho em relação à análise de dados do problema real, optou-se pela proposição apenas de um modelo mais básico, que se assemelha bastante ao modelo proposto por Francischini (2015), não incorporando todas as características do problema prático, mas baseado no modelo de planejamento e sequenciamento de projetos proposto por Drexl, Salewski e Schirmer (1997). A escolha por esse modelo de referência permite a visualização dos caminhos críticos da grade curricular e, assim, o aluno pode priorizar cursar as disciplinas em uma ordem que não aumente o *makespan*, encaixando as disciplinas que possuem folga na medida das suas possibilidades em relação ao número máximo de disciplinas que podem ser cursadas por período.

Nas seções que se seguem, são apresentadas a formulação do modelo e os resultados obtidos com alguns testes ilustrativos.

5.1 Modelagem para o Problema de Ajuste de Matrícula

O modelo proposto é baseado no modelo MIRC PSP dos autores Drexl, Salewski e Schirmer (1997) e visa alocar as disciplinas que o aluno ainda não cursou ou foi reprovado nos demais períodos de sua formação, buscando sempre minimizar o *makespan*. O modelo é definido por:

Conjuntos

- J Conjuntos de atividades (disciplinas)
- R Conjunto de Recursos (quantidade de matérias que podem ser cursadas simultaneamente)
- Jp Conjunto de atividades com predecessores (pré-requisitos por disciplinas)
- $Pj_{(j)}$ Conjunto de predecessores para a atividade j (pré-requisitos por disciplinas)
- Jh Conjunto de atividades com pré-requisitos de horas acumuladas
- $T_{(j)}$ Conjunto de tempos de término para a atividade j

Parâmetros

- Ph Número de horas necessárias para cursar as disciplinas com pré-requisitos de horas
- Nh Número de horas ganhas com cada disciplina cursada
- $ES_{(j)}$ Data mais cedo de início da atividade j
- $LF_{(j)}$ Data mais tarde de término da atividade j
- T_{max} Maior data mais tarde de término
- Qk Disponibilidade do recurso r

Variáveis

$$T_{Total} \geq 0$$

$$x_{jt} \begin{cases} 1, & \text{se término da atividade } j \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Função Objetivo

$$\text{Minimize } \min\{C_{max} T_{Total}\}$$

Restrições

$$T_{Total} - \sum_{t \in T} tx_{(j,t)} \geq 0 \quad \forall j \in J \quad (17)$$

$$\sum_{t \in T} x_{(j,t)} = 1 \quad \forall j \in J \quad (18)$$

$$\sum_{t \in T} t x_{(j,l,t)} - \sum_{t \in T} (t-1) x_{(j,l,t)} \geq 0 \quad \begin{array}{l} \forall j \in Jp \\ \forall jl \in Pj \end{array} \quad (19)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{q \in T} x_{(j,q)} \leq QK_{(r,t)} \quad \begin{array}{l} \forall r \in R \\ \forall t \in T \end{array} \quad (20)$$

Pré-requisitos por horas

$$Ph_{(j)} x_{(j,t)} - \sum_{k \in J} \sum_{tK \in T} tk \geq ES_{(k)} \quad (21)$$

A função objetivo minimiza o *makespan* no curso. A restrição (17) estabelece o período inicial que a disciplina pode ser cursada. A restrição (18) garante que o projeto será executado até o final. A restrição (19) garante que o pré-requisito seja cursado primeiro. A restrição (20) limita a quantidade de matérias que podem ser cursadas por semestre. A restrição (21) garante o pré-requisito por horas.

5.2 Testes Ilustrativos

A grade curricular possui dois caminhos críticos principais que podem aumentar muito o *makespan*. O caminho crítico composto pelas disciplinas de Programação de Computadores I, Análise e Estrutura de Dados I, Programação Linear, Otimização Combinatória, Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I e Simulação de Eventos Discretos e o caminho crítico composto por Cálculo I, Cálculo II, Cálculo III, Probabilidade, Estatística, Microeconomia, Engenharia Econômica e Planejamento Estratégico e Mercadológico. Apesar desses caminhos críticos não se interceptarem, a reprovação de disciplinas que compõem esses caminhos pode-se gerar um aumento no *makespan*.

No quadro a seguir, podemos observar que caso não haja atrasos nos caminhos críticos é possível concluir todas as disciplinas e atividades em apenas oito períodos.

Quadro 4- Análise do Makespan

ANÁLISE DO MAKESPAN				
1º Período	2º Período	3º Período	4º Período	5º Período
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Cálculo Diferencial e Integral III	Física III	Psicologia do Trabalho
Programação de Computadores I	Cálculo Diferencial e Integral II	Física II	Cálculo Numérico	Planejamento Estratégico e Mercadológico
Química Geral	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Organização do Trabalho	Custos Industriais
Cálculo Diferencial e Integral I	Expressão Gráfica	Estatística I	Microeconomia	Planejamento e Controle de Produção I
Introdução à Engenharia de Produção	Ética e Responsabilidade Socioambiental	Ergonomia	Estatística II	Controle Estatístico de Qualidade
Introdução à Metodologia da Pesquisa	Ciência, Tecnologia e Sociedade	Programação Linear	Otimização Combinatória	Logística
	Princípios de Ciências dos Materiais	Engenharia de Processos Mecânicos	Gestão da Qualidade	Eletiva I
	Probabilidade			Simulação a Eventos Discretos
6º Período	7º Período	8º Período	9º Período	10º Período
Engenharia Econômica	Elaboração de Projeto de Monografia	Monografia		
Gestão do Conhecimento	Planejamento e Controle de Produção II	Sistema de Desenvolvimento de Produto		
Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I	Gestão de Projetos			
Gestão Ambiental	Fundamentos de Sistemas de Informação			
Gestão de Serviços	Gestão da Cadeia de Suprimentos			
Eletiva IV	Eletiva II			
Eletiva V	Eletiva III			
Estágio Supervisionado				

Foram feitos dois testes com os dados do aluno 6, um a partir do terceiro período e outro a partir do décimo período. No primeiro teste realizado pelo modelo é possível analisar que mesmo que o aluno tenha sido reprovado em duas disciplinas dos dois principais caminhos críticos no início do curso ainda sim é possível que o aluno possa concluir as demais disciplinas em até oito período.

No segundo teste, o aluno teve três reprovações em disciplinas do caminho crítico 1 e cinco reprovações em disciplinas do caminho crítico 2, além dessas reprovações, o número reduzido de disciplinas cursadas do 6º ao 8º período fizeram com que o *makespan* aumentasse e, conseqüentemente, o número de períodos para concluir as disciplinas é superior ao tempo regular, no total de doze períodos. As análises dos testes podem ser vistas nos quadros 5 e 6.

Quadro 5-Análise do Makespan do aluno 6 a partir do 3º período

ANÁLISE DO MAKESPAN DO ALUNO 6 A PARTIR DO 3º PERÍODO				
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Cálculo Diferencial e Integral II	Cálculo Diferencial e Integral III	Cálculo Numérico
Programação de Computadores I	Cálculo Diferencial e Integral II	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Física II	Microeconomia
Química Geral	Programação de Computadores II	Probabilidade	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Estatística II
Cálculo Diferencial e Integral I	Expressão Gráfica	Ciência, Tecnologia e Sociedade	Estatística I	Otimização Combinatória
Introdução à Engenharia de Produção	Ética e Responsabilidade Socioambiental	Ergonomia	Programação Linear	Psicologia do Trabalho
Introdução à Metodologia da Pesquisa		Princípios de Ciências dos Materiais	Organização do Trabalho	Planejamento e Controle da Produção I
		ATV 100	Teoria das Organizações	Logística
6º PERÍODO	7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO
Física III	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I	Eletiva II		
Planejamento Estratégico e Mercadológico	Gestão do Conhecimento	Eletiva III		
Engenharia Econômica	Gestão de Projetos	Monografia		
Planejamento e Controle de Produção II	Elaboração de Projeto de Monografia	Gestão Ambiental		
Controle Estatístico de Qualidade	Fundamentos de Sistemas de Informação	Gestão de Serviços		
Gestão Ambiental	Gestão da Qualidade	Simulação a Eventos Discretos		
Gestão da Cadeia de Suprimentos	Gestão de Projetos	Eletiva IV		
Eletiva I	Sistema de Desenvolvimento de Produto	Eletiva V		

Quadro 6- Análise do Makespan do aluno 6 a partir do 9º período

ANÁLISE DO MAKESPAN DO ALUNO 6 A PARTIR DO 9º PERÍODO					
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO	6º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Ergonomia	Atividade Científico-Cultural	Atividade Científico-Cultural	Probabilidade
Programação de Computadores I	Cálculo Diferencial e Integral II	Mecânica Racional	Análise Ergonômica do Trabalho	Organização do Trabalho	Cálculo Diferencial e Integral II
Química Geral	Programação de Computadores II	Fundamentos de Sistema de Informação	Probabilidade	Programação de Computadores II	Teoria das Organizações
Cálculo Diferencial e Integral I	Expressão Gráfica	Administração Mercadológica	Resistência dos Materiais	Cálculo Diferencial e Integral II	Programação Linear
Introdução à Engenharia de Produção	Ética e Responsabilidade Socioambiental	Pesquisa Operacional I	Cálculo Diferencial e Integral II	Cálculo Numérico	
Introdução à Metodologia da Pesquisa			Cálculo Numérico		
			Programação de Computadores II		
7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO	11º PERÍODO	12º PERÍODO
Cálculo Diferencial e Integral III	Cálculo Diferencial e Integral III	Cálculo Diferencial e Integral III	Microeconomia	Física III	Gestão do conhecimento
Física II	Física II	Estatística I	Estatística II	Controle Estatístico da Qualidade	Sistema de Desenvolvimento de Produto
Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Programação Linear	Gestão da Qualidade	Otimização Combinatória	Gestão de Projetos
Princípios de Ciências dos Materiais		Custos Industriais		Planejamento Estratégico e Mercadológico	Simulação à Eventos Discretos
		Engenharia de Processos Mecânicos		Engenharia Econômica	Gestão da Cadeia de Suprimentos
		Eletiva I		Logística	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I
		Eletiva II		Planejamento e Controle de Produção I	Gestão de Serviços
		Eletiva III			Planejamento e Controle de Produção II
				ATV029	ATV 030

6. CONCLUSÃO

O problema de ajuste de matrícula pode ser tratado como um problema de sequenciamento de projetos com restrições adicionais. O presente trabalho realizou um estudo empírico para validar a necessidade de construção de uma ferramenta que auxilie os alunos do curso de Engenharia de Produção - ICEA/UFOP a planejar seu ajuste semestral de matrícula. Esse estudo mostrou que existe, de fato, a necessidade de construção dessa ferramenta, visto que existem disciplinas com alto grau de reprovação já a partir do primeiro período. A análise de históricos cedidos pelos próprios alunos mostrou que, quando há reprovação por parte dos alunos, eles têm considerável dificuldade de escolher as melhores disciplinas a cursar, mostrando que escolhas acertadas podem diminuir o *makespan* em até três períodos para os casos analisados.

A partir dos resultados das análises realizadas sobre o projeto político do curso e dos dados estatísticos e dos históricos dos alunos, foi elaborada uma lista de características a serem incorporadas ao modelo de planejamento de matrícula. Apesar do modelo de Francischini (2015) já ter sido proposto e ter mostrado potencial para gerar bons resultados, optou-se por apresentar uma formulação alternativa, baseada no problema de planejamento e sequenciamento de projetos proposto por Drexler, Salewski e Schirmer (1997), devido a diversas semelhanças dessa formulação com o problema prático estudado. Alguns testes computacionais mostraram a aplicabilidade do modelo na prática.

Em relação às sugestões para trabalhos futuros, sugere-se a complementação das características reais já levantadas à formulação apresentada, que tem como vantagem em relação ao modelo proposto por Francischini (2015) o fato de incorporar a análise de caminhos críticos ao longo do curso e permitir um melhor ajuste das disciplinas que possuem folga em relação ao *makespan*. As principais características reais a serem implementadas incluem a consideração dos pré-requisitos de horas acumuladas, a incorporação da grade de horários de disciplinas disponíveis no primeiro período de planejamento e o número desejado de disciplinas a cursar a cada período.

7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. **Introdução à Pesquisa Operacional** .3. Ed Rio de Janeiro: LTC, 2004.

ANDREUZZA, M. G. **Planejamento Estratégico**. Paraná, UFPR, 2009. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasgarzel/12.pdf> Acesso em maio/2017.

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa operacional para cursos de engenharia**. Editora Campus, 2007.

BRUCKER, P.; DREXL, A.; MÄOHRING, R.; NEUMANN, K. & PESCH, E. Resource-Constrained Project Scheduling: Notation, Classification, Models, and Methods. **European Journal of Operational Research**, Vol. 112, p. 3 – 41, 1999.

FRANCISCHINI, F. **Um modelo para otimização da matrícula semestral de cursos de graduação baseado em sequenciamento de projetos**, jan/2015.

HILLIER, F.; LIEBERMAN, G.; **Introdução à Pesquisa Operacional**. Tradução Ariovaldo Griesi; revisão técnica João Chang Junior. São Paulo: McGraw- Hill, 2006.

KOTLER, P. ARMISTRONG, G. **Princípios de Marketing**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1993.

Matriz de Conhecimento – Resolução 1010/05 CONFEA.

MARTINS, R. A. **Abordagens quantitativa e qualitativa**. Em: Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. P. C. Miguel (ed.). 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MEGGINSON, L. C.; MOSLEY, D. C.; PIETRI JUNIOR, H. P. **Administrações Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Harbra Ltda, 1986.

MORABITO, R.; PUREZA, V. **Modelagem e Simulação**. Em: Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. P. C. Miguel (ed.). 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

NASCIMENTO, S. R. **Gestão de Projetos e Obras**. Portal AECweb, 2016. Disponível em: http://homologacao.aecweb.com.br/cont/m/cm/sequenciamento-das-atividades-facilita-o-gerenciamento-do-projeto_14056 Acesso em: 20/03/2017.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia de Conhecimentos do Gerenciamento de Projetos: PMBOK Guide**. Newtown Square: PMI, 2013. Disponível em: <http://www.pmimg.org.br/> Acesso em 20/03/2017.

RIBEIRO, I. M. **Review about management of a baja vehicle design project for competitions.** 2015. 54 f. Graduate Work (Graduate in Mechanical Production Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

RODRIGUES, G. S. **O Problema do Sequenciamento em uma única máquina, com tempos de preparação dependentes da Sequência e Penalidades por Antecipação e Atraso: Estudo de Caso de um Processo de Fabricação por Usinagem.** Dissertação de Mestrado, 2012, PUC MINAS.

SILVA, R; MENEZES, V. **O uso do pert/cpm em uma empresa de fast food.** XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos, 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STO_113_740_17314.pdf>20/03/2017.

SILVA, R. M. **“Gastos que vão além da universidade”.** Jornal Estado de Minas, setembro/2014.

PROGRAD – Pró- Reitoria de Graduação da Ufop

STONER, J. A. F; FREEMAN, R. E. **Administração.** Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1995.

TAHA, HAMDY A., **Pesquisa Operacional**, 8a. Edição, São Paulo, Pearson, 2008.

TERENCE, A. **Planejamento Estratégico como ferramenta de competitividade na pequena empresa: desenvolvimento e avaliação de um roteiro prático para o processo de elaboração do planejamento.** São Carlos, 2002.

TUBINO, D. F.; QUEZADO, P. C. M.; CARDOSO, C. R. O. **Programação e Controle da Produção Sob Encomenda Utilizando PERT/CPM e Heurísticas.** XIX ENEGEP, 1999, Rio de Janeiro.

APÊNDICE A – Histórico do aluno 2

HISTÓRICO DO ALUNO 2				
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO
Atividade Acadêmico Científico-Cultural	Cálculo Diferencial e Integral III	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Engenharia Econômica	
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Estatística I	Organização do Trabalho	Gestão do Conhecimento	
Física I	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Microeconomia	Automação de Sistema de Produção(E)	
Física II	Ergonomia	Teoria das Organizações	Gestão Ambiental	
Probabilidade	Engenharia de Processos Mecânicos	Logística	Planejamento e Controle de Produção I	
Física III		Ética e Responsabilidade Socioambiental	Controle Estatístico de Qualidade	
Programação de Computadores I		Estatística II	Gestão de Serviços	
Química Geral			Comportamento Organizacional (F)	
Cálculo Diferencial e Integral I				
Cálculo Diferencial e Integral II				
Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias				
Calculo Numerico				
Princípios de Ciências de Materiais				
Expressão Gráfica				
Introdução a Engenharia de Produção				
Introdução à Metodologia da Pesquisa				
Tópicos em Engenharia da Qualidade (E)				

APÊNDICE B – Análise manual do aluno 2 a partir do 2º período

ANÁLISE MANUAL DO ALUNO 2, A PARTIR DO 2º PERÍODO				
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO
Atividade Acadêmico Científico-Cultural	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Programação Linear	Otimização Combinatória	Gestão do Conhecimento
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Ética e Responsabilidade Socioambiental	Organização do Trabalho	Psicologia do Trabalho	Sistema de Desenvolvimento de Produto
Física I	Cálculo Diferencial e Integral III	Microeconomia	Planejamento Estratégico e Mercadológico	Gestão de Projetos
Física II	Ciência, Tecnologia e Sociedade	Teoria das Organizações	Engenharia Econômica	Elaboração de Projeto de Monografia
Probabilidade	Estatística I	Estatística II	Controle Estatístico de Qualidade	Fundamentos de Sistemas de Informação
Física III	Ergonomia	Gestão da Qualidade	Logística	Gestão da Cadeia de Suprimentos
Programação de Computadores I	Engenharia de Processos Mecânicos	Custos Industriais	Planejamento e Controle de Produção II	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I
Química Geral		Planejamento e Controle de Produção I	Eletiva II	Gestão Ambiental
Cálculo Diferencial e Integral I				
Cálculo Diferencial e Integral II				
Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias				
Calculo Numerico				
Princípios de Ciências de Materiais				
Expressão Gráfica				
Introdução a Engenharia de Produção				
Introdução à Metodologia da Pesquisa				
Tópicos em Engenharia da Qualidade (E)				
6º PERÍODO	7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO
Gestão de Serviços				
Simulação a Eventos Discretos				
Eletiva III				
Eletiva IV				
Eletiva V				

APÊNDICE C – Histórico do aluno

HISTÓRICO DO ALUNO 3				
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Cálculo Diferencial e Integral II	ATV 100	Cálculo Diferencial e Integral III
Programação de Computadores I	Cálculo Diferencial e Integral II	Princípios de Ciências dos Materiais	Estatística	Física II
Química Geral	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Probabilidade	Cálculo Diferencial e Integral II	Introdução as Equações Diferenciais Ordinárias
Cálculo Diferencial e Integral I	Expressão Gráfica	Ergonomia	Organização do Trabalho	Psicologia do Trabalho
Introdução à Engenharia de Produção	Ética e Responsabilidade Socioambiental		Teoria das Organizações	Gestão da Qualidade
6º PERÍODO	7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO
Física III	ATV 100	Algoritmos e Estrutura de Dados I		
Cálculo Numérico	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Engenharia Econômica		
Algoritmos e Estrutura de Dados I	Eletiva I	Controle Estatístico da Qualidade		
Microeconomia	Microeconomia	Planejamento Estratégico e Mercadológico		
Programação Linear	Logística	Otimização Combinatória		
Estatística II	Custos Industriais	Eletiva II		
		Eletiva III		

APÊNDICE D– Análise manual do aluno 3 a partir do 5º período

ANÁLISE MANUAL DO ALUNO 3, A PARTIR DO 5º PERÍODO				
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Cálculo Diferencial e Integral II	ATV 100	Algoritmos e Estrutura de Dados I
Programação de Computadores I	Cálculo Diferencial e Integral II	Princípios de Ciências dos Materiais	Estatística	Cálculo Diferencial e Integral III
Química Geral	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Probabilidade	Cálculo Diferencial e Integral II	Física II
Cálculo Diferencial e Integral I	Expressão Gráfica	Ergonomia	Organização do Trabalho	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias
Introdução à Engenharia de Produção	Ética e Responsabilidade Socioambiental		Teoria das Organizações	Psicologia do Trabalho
Introdução à Metodologia da Pesquisa			Engenharia de Processos Mecânicos	Estatística II
				Gestão da Qualidade
6º PERÍODO	7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO
Física III	Otimização Combinatória	Gestão do Conhecimento	Simulação a Eventos Discretos	
Cálculo Numérico	Planejamento Estratégico e Mercadológico	Sistema de Desenvolvimento de Produto	Eletiva IV	
Programação Linear	Engenharia Econômica	Gestão de Projetos	Eletiva V	
Microeconomia	Planejamento e Controle de Produção II	Elaboração de Projeto de Monografia	Monografia	
Custos Industriais	Gestão da Cadeia de Suprimentos	Fundamentos de Sistemas de Informação		
Planejamento e Controle de Produção I	Eletiva I	Gestão Ambiental		
Controle Estatístico de Qualidade	Eletiva II	Gestão de Serviços		
Logística	Eletiva III	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I		

APÊNDICE E– Histórico do Aluno 4

HISTÓRICO DO ALUNO 4					
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO	6º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Geometria Analítica e Álgebra Linear	Atividade Acadêmico Científico-Cultural	Atividade Acadêmico Científico-Cultural	Atividade Acadêmico Científico-Cultural	Física III
Programação de Computadores I	Ética e Responsabilidade Socioambiental	Análise Ergonomica do Trabalho	Física I	Cálculo Diferencial e Integral II	Algoritmos e Estrutura de Dados I
Química Geral	Expressão Gráfica	Planejamento Estratégico	Fundamentos de Sistemas de Informação	Física II	Microeconomia
Cálculo Diferencial e Integral I	Ergonomia	Cálculo Diferencial e Integral I	Programação de Computadores II	Estatística I	Gestão da Qualidade
Introdução à Engenharia de Produção	Fundamentos de Sistemas de Informação	Programação de Computadores I	Planejamento e Controle de Produção I	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Logística
Introdução à Metodologia da Pesquisa	Cálculo Diferencial e Integral I		Cálculo Diferencial e Integral II	Princípios de Ciências dos Materiais	Custos Industriais
			Cálculo Numérico	Psicologia do Trabalho	Teoria da Estratégia (E)
					Prevenção ao Erro Humano (E)
7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO	11º PERÍODO	12º PERÍODO
Algoritmos e Estrutura de Dados I	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Elaboração de Projeto de Monografia	Monografia	Algoritmos e Estrutura de Dados I	
Engenharia Econômica	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Fundamentos de Sistemas de Informação	Gestão da Cadeia de Suprimentos	
Gestão do Conhecimento	Gerência de Recursos Humanos (E)	Gestão Ambiental	Física III		
Planejamento e Controle de Produção II	Ciência, Tecnologia e Sociedade	Gestão de Serviços	Algoritmos e Estrutura de Dados I		
Controle Estatístico de Qualidade	Programação Linear	Otimização Combinatória	Gestão da Cadeia de Suprimentos		
Gestão de Projetos	Sistema de Desenvolvimento de Produto	Simulação a Eventos Discretos	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I		
Engenharia de Processos Mecânicos	Física III	Estratégia de Produção (E)			
		Engenharia do Trabalho (E)			

APÊNDICE F – Análise manual do aluno 4 a partir do 7º período

ANÁLISE MANUAL DO ALUNO 4, A PARTIR DO 7º PERÍODO				
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Geometria Analítica e Álgebra Linear	Atividade Acadêmico Científico-Cultural	Atividade Acadêmico Científico-Cultural	Atividade Acadêmico Científico-Cultural
Programação de Computadores I	Ética e Responsabilidade Socioambiental	Análise Ergonomica do Trabalho	Física I	Cálculo Diferencial e Integral II
Química Geral	Expressão Gráfica	Planejamento Estratégico	Fundamentos de Sistemas de Informação	Física II
Cálculo Diferencial e Integral I	Ergonomia	Cálculo Diferencial e Integral I	Programação de Computadores II	Estatística I
Introdução à Engenharia de Produção	Fundamentos de Sistemas de Informação	Programação de Computadores I	Planejamento e Controle de Produção I	Algoritmos e Estrutura de Dados I
Introdução à Metodologia da Pesquisa	Cálculo Diferencial e Integral I		Cálculo Diferencial e Integral II	Princípios de Ciências dos Materiais
			Cálculo Numérico	Psicologia do Trabalho
6º PERÍODO	7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO
Física III	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Programação Linear	Otimização Combinatória	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I
Algoritmos e Estrutura de Dados I	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Engenharia Econômica	Fundamentos de Sistemas de Informação	Eletiva IV
Microeconomia	Probabilidade	Gestão do Conhecimento	Gestão da Cadeia de Suprimentos	Eletiva V
Gestão da Qualidade	Organização do Trabalho	Engenharia de Processos Mecânicos	Monografia	
Logística	Teoria das Organizações	Controle Estatístico de Qualidade	Gestão Ambiental	
Custos Industriais	Planejamento e Controle de Produção II	Sistema de Desenvolvimento de Produto	Gestão de Serviços	
Teoria da Estratégia (E)	Planejamento Estratégico e Mercadológico	Gestão de Projetos	Simulação a Eventos Discretos	
Prevenção ao Erro Humano (E)	Estatística II	Elaboração de Projeto de Monografia	Eletiva III	

APÊNDICE G – Histórico do aluno 5

HISTÓRICO DO ALUNO 5						
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO	6º PERÍODO	7º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Geometria Analítica e Álgebra Linear	Atividade Acadêmico Científico-Cultural	Geometria Analítica e Álgebra Linear	Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Física I
Programação de Computadores I	Responsabilidade Social, Ética e Sociedade	Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Estatística I	Teoria Geral da Administração (F)	Cálculo Diferencial e Integral II
Química Geral	Expressão Gráfica	Ergonomia	Probabilidade	Organização do Trabalho	Cálculo Diferencial e Integral II	Algoritmos e Estrutura de Dados I
Cálculo Diferencial e Integral I	Gestão do Conhecimento	Fundamentos de Sistema de Informação	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Redes de Empresa (E)	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Gestão da Qualidade
Introdução à Engenharia de Produção	Programação de Computadores II	Cálculo Diferencial e Integral II	Teoria das Organizações	Ciência Tecnologia e Sociedade	Psicologia do Trabalho	Planejamento e Controle de Produção I
Introdução à Metodologia da Pesquisa	Cálculo Diferencial e Integral I	Princípios de Ciências dos Materiais	Engenharia de Processos Mecânicos		Estatística II	Custos Industriais
						Tópicos em Projeto do Produto (E)
8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO	11º PERÍODO	12º PERÍODO	13º PERÍODO	14º PERÍODO
Física I	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Cálculo Diferencial e Integral III	Elaboração de Projeto de Monografia	Análise Numérica	Cálculo Numérico	
Cálculo Diferencial e Integral II	Cálculo Diferencial e Integral II	Física II	Física III	Engenharia Econômica	Gestão de Serviços	
Algoritmos e Estrutura de Dados I	Logística	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Cálculo Numérico	Controle Estatístico da Qualidade	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I	
Planejamento e Controle de Produção I	Planejamento e Controle de Produção II	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Engenharia de Software(E)	Planejamento Estratégico e Mercadológico	Simulação a Eventos Discretos	
Prevenção ao Erro Humano (E)	Segurança do Trabalho e Ergonomia (E)	Gestão da Qualidade	Análise Ergonômica do Trabalho(E)	Otimização Combinatória	Gestão de Projetos	
		Logística	Microeconomia	Gestão da Informação	Gestão de Projetos Solidários (E)	
			Gestão da Cadeia de Suprimentos		Tópicos em Engenharia da Qualidade (E)	
			Gestão Ambiental			
			Programação Linear			

APÊNDICE H – Análise manual do aluno 5 a partir do 7º período

ANÁLISE MANUAL DO ALUNO 5, A PARTIR DO 7º PERÍODO				
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Geometria Analítica e Álgebra Linear	Atividade Acadêmico Científico-Cultural	Geometria Analítica e Álgebra Linear	Geometria Analítica e Álgebra Linear
Programação de Computadores I	Responsabilidade Social, Ética e Sociedade	Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Estatística I
Química Geral	Expressão Gráfica	Ergonomia	Probabilidade	Organização do Trabalho
Cálculo Diferencial e Integral I	Gestão do Conhecimento	Fundamentos de Sistema de Informação	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Redes de Empresa (E)
Introdução à Engenharia de Produção	Programação de Computadores II	Cálculo Diferencial e Integral II	Teoria das Organizações	Ciência Tecnologia e Sociedade
Introdução à Metodologia da Pesquisa	Cálculo Diferencial e Integral I	Princípios de Ciências dos Materiais	Engenharia de Processos Mecânicos	
6º PERÍODO	7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO
Física I	Cálculo Diferencial e Integral III	Física III	Planejamento Estratégico e Mercadológico	Gestão do Conhecimento
Cálculo Diferencial e Integral II	Física II	Cálculo Numérico	Engenharia Econômica	Sistema de Desenvolvimento de Produto
Algoritmos e Estrutura de Dados I	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Microeconomia	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I	Gestão de Projetos
Psicologia do Trabalho	Programação Linear	Otimização Combinatória	Monografia	Gestão de Serviços
Gestão da Qualidade	Custos Industriais	Planejamento e Controle de Produção II	Gestão Ambiental	Eletiva IV
	Planejamento e Controle de Produção I	Elaboração de Projeto de Monografia	Simulação a Eventos Discretos	Eletiva V
	Controle Estatístico de Qualidade	Fundamentos de Sistemas de Informação	Eletiva II	
	Logística	Gestão da Cadeia de Suprimentos	Eletiva III	

APÊNDICE I – Histórico do aluno 6

HISTÓRICO DO ALUNO 6						
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO	6º PERÍODO	7º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Ergonomia	Atividade Científico- Cultural	Atividade Científico- Cultural	Probabilidade	Cálculo Diferencial e Integral III
Programação de Computadores I	Cálculo Diferencial e Integral II	Mecânica Racional	Análise Ergonômica do Trabalho	Organização do Trabalho	Cálculo Diferencial e Integral II	Física II
Química Geral	Programação de Computadores II	Fundamentos de Sistema de Informação	Probabilidade	Programação de Computadores II	Teoria das Organizações	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias
Cálculo Diferencial e Integral I	Expressão Gráfica	Administração Mercadológica	Resistência dos Materiais	Cálculo Diferencial e Integral II	Programação Linear	Princípios de Ciências dos Materiais
Introdução à Engenharia de Produção	Ética e Responsabilidade Socioambiental	Pesquisa Operacional I	Cálculo Diferencial e Integral II	Cálculo Numérico		
Introdução à Metodologia da Pesquisa			Cálculo Numérico			
			Programação de Computadores II			
8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO	11º PERÍODO	12º PERÍODO	13º PERÍODO	14º PERÍODO
Cálculo Diferencial e Integral III	Cálculo Diferencial e Integral III	Microeconomia	Atividade Científico- Cultural	Elaboração da Monografia	Estágio	Atividade Científico- Cultural
Física II	Estatística	Gestão do Conhecimento	Psicologia do Trabalho	Gestão da Informação(E)	Gestão Ambiental	Administração Financeira (E)
Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Programação Linear	Logística	Gestão da Qualidade	Engenharia Econômica	Planejamento e Controle de Produção II	Tópicos em Pesquisa Operacional (E)
	Custos Industriais	Otimização Combinatória	Controle Estatístico da Qualidade	Gestão da Cadeia de Suprimentos	Gestão de Serviços	Engenharia de Processos Mecânicos
		Física III	Planejamento Estratégico e Mercadológico	Planejamento e Controle de Produção I	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I	
			Tópicos em Projeto do Produto (E)	Tópicos em Engenharia da Qualidade (E)	Sistema de Desenvolvimento de Produto	

APÊNDICE J – Análise do aluno 6 a partir do 3º período

ANÁLISE DO ALUNO 6 A PARTIR DO 3º PERÍODO				
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Cálculo Diferencial e Integral II	Cálculo Diferencial e Integral III	Física III
Programação de Computadores I	Cálculo Diferencial e Integral II	Algoritmos e Estrutura de Dados I	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Organização do Trabalho
Química Geral	Programação de Computadores II	Física II	Estatística I	Microeconomia
Cálculo Diferencial e Integral I	Expressão Gráfica	Probabilidade	Cálculo Numérico	Teoria das Organizações
Introdução à Engenharia de Produção	Ética e Responsabilidade Socioambiental	Ciência, Tecnologia e Sociedade	Ergonomia	Estatística II
Introdução à Metodologia da Pesquisa		Princípios de Ciências dos Materiais	Programação Linear	Otimização Combinatória
			Engenharia de Processos Mecânicos	Gestão da Qualidade
				Custos Industriais
6º PERÍODO	7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO
Psicologia do Trabalho	Estágio Supervisionado	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I		
Planejamento Estratégico e Mercadológico	Gestão do Conhecimento	Eletiva III		
Engenharia Econômica	Planejamento e Controle de Produção II	Monografia		
Planejamento e Controle de Produção I	Gestão de Projetos	Gestão Ambiental		
Controle Estatístico de Qualidade	Elaboração de Projeto de Monografia	Gestão de Serviços		
Logística	Fundamentos de Sistemas de Informação	Simulação a Eventos Discretos		
Sistema de Desenvolvimento de Produto	Gestão da Cadeia de Suprimentos	Eletiva IV		
Eletiva I	Eletiva II	Eletiva V		

APÊNDICE K– Análise do aluno 6 a partir do 9º período

ANÁLISE DO ALUNO 6 A PARTIR DO 9º PERÍODO					
1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	4º PERÍODO	5º PERÍODO	6º PERÍODO
Geometria Analítica e Álgebra Linear	Física I	Ergonomia	Atividade Científico-Cultural	Atividade Científico-Cultural	Probabilidade
Programação de Computadores I	Cálculo Diferencial e Integral II	Mecânica Racional	Análise Ergonômica do Trabalho	Organização do Trabalho	Cálculo Diferencial e Integral II
Química Geral	Programação de Computadores II	Fundamentos de Sistema de Informação	Probabilidade	Programação de Computadores II	Teoria das Organizações
Cálculo Diferencial e Integral I	Expressão Gráfica	Administração Mercadológica	Resistência dos Materiais	Cálculo Diferencial e Integral II	Programação Linear
Introdução à Engenharia de Produção	Ética e Responsabilidade Socioambiental	Pesquisa Operacional I	Cálculo Diferencial e Integral II	Cálculo Numérico	
Introdução à Metodologia da Pesquisa			Cálculo Numérico		
			Programação de Computadores II		
7º PERÍODO	8º PERÍODO	9º PERÍODO	10º PERÍODO	11º PERÍODO	12º PERÍODO
Cálculo Diferencial e Integral III	Cálculo Diferencial e Integral III	Cálculo Diferencial e Integral III	Microeconomia	Planejamento Estratégico e Mercadológico	Elaboração da Monografia
Física II	Física II	Estatística	Gestão do Conhecimento	Tópicos em Projeto do Produto (E)	Estágio
Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Introdução às Equações Diferenciais e Ordinárias	Programação Linear	Otimização Combinatória	Gestão da Informação(E)	Gestão Ambiental
Princípios de Ciências dos Materiais		Custos Industriais	Física III	Engenharia Econômica	Planejamento e Controle de Produção II
		Logística	Psicologia do Trabalho	Gestão da Cadeia de Suprimentos	Gestão de Serviços
		Gestão da Qualidade	Controle Estatístico da Qualidade	Planejamento e Controle de Produção I	Modelagem de Sistemas Produtivos e Logísticos I
		Engenharia de Processos Mecânicos	Administração Financeira (E)	Tópicos em Engenharia da Qualidade (E)	Sistema de Desenvolvimento de Produto