

Universidade Federal de Pernambuco Centro de Informática



Escalonamento para Construção Civil

Aluna: Daniele Soares Passos

Orientador: Ricardo Martins de Abreu Silva



Agenda

- 1. Contexto
- 2. Problema
- 3. Objetivo
- 4. BIM (Building Information Modelling)
- 5. Modelagem do Problema RCPSP
- 6. Algoritmo de Construção de Escalonamento
- 7. Plugin para Navisworks
- 8. Caso de Estudo
- 9. Resultados
- 10. Conclusão
- 11. Referências



Contexto

- Analisar logicamente o projeto, seus requisitos e seus tempos de execução;
- Exigência de projetos organizados e escalonados;
- Definir elementos como atividades, recursos e tamanho dos projetos;
- Planejar antes de executar;
- Usar computadores e softwares de planejamento;



Problema

- Complexidade dos projetos;
- Escalonar projetos com muitas atividades e recursos;
- Disponibilidade de informações;
- Comunicação entre as equipes;



Objetivo:

Resolver o **problema** de **escalonamento** para construção civil, utilizando algoritmos propostos.



BIM (Building Information Modelling)

- Solução para melhorar a produtividade em projetos de construção.
- Apoio para tomada de decisões desde os primeiros estágios conceituais do projeto.
- Modelo que permite o armazenamento de todo o ciclo de vida do projeto.
- Gestão de uma representação digital das características.
- Utilizado em softwares (normalmente ferramentas CAD).



Dimensões do BIM



2D VECTOR

PRODUCTION
-20 DRAWINGS
-DOCUMENTATION
-VIEWS AND PLANS

IMPLEMENTATION
-PROGRAMMING
-PARAMETERIZATION
-FILE MANAGEMENT
-COMMUNICATIONS

DS DEVELOPMENT
-ROOM DATA SHEETS
-LIST OF DELIVERABLES
-SCOPE DEFINITION
-MATERIALS
-STRUCTURAL LOADS
-ENERGY LOADS

SUSTAINABILITY
-LIFE CYCLE ESTIMATION
-CONSTRUCTION
SOLUTIONS
-PRIMARY MEP SYSTEMS
-ENERGY PRODUCTION
-CERTIFICATION STRATEGIES

3D SHAPE



REPRESENTATION
-RENDERINGS
-WALKTHROUGHS
-LASER SCANNING

IMPLEMENTATION
-BIM OBJECT CREATION
-VISUAL PROGRAMMING
-CLASH DETECTION
-MODELCHECKER

FINAL DOCS
-DETAILED DESIGN
-ASSEMBLIES
-STRUCTURAL DESIGN
-MEP DESIGN
-SPECIFICATIONS

SUSTAINABILITY
-INSOLATION VALUES
-SUN PROTECTION
-DAYLIGHT
REQUIREMENTS

4D

TIME



PRODUCTION
-MOBEL FEDERATION
-MIRTUAL CONSTRUCTION
-SCHEDULING
-PROJECT PHASING
-TIME LINING
-CONSTRUCTION PLANNING
-EQUIPMENT DELIVERIES
-MISUAL VALIDATION

SYSTEMS
-PREFABRICATION
-STRUCTURAL
CONSTRUCTION
-MEP CONSTRUCTION

SIMULATIONS
-LIFE CYCLE SIMULATION
-SUN SIMULATIONS
-WIND SIMULATIONS
-ENERGY SIMULATIONS
-CERTIFICATION CHECK

5D

COST



PRODUCTION
-QUANTITY EXTRACTIONS
-DETAILED BILL OF
-QUANTITIES
-FABRICATION MODELS

CONTRACTS
-FEES COMPARISON
-TRADE SELECTION
-LOGISTICS

SUSTAINABILITY
-CERTIFICATION EVALUATION
-LIFE CYCLE COST
-COMPARATIVE STUDY

6D

PERFORMANCE



RESULTS
-KNOWN ALTERNATIVES
-CERTIFICATION
-AUDITED BIM MODEL
-PERFORMANCE REPORT

VALUE ENGINEERING

ENGINEERING
-SIMULATIONS
-ENERGY PERFORMANCE
-SYSTEMS PERFORMACE
-ARCHITECTURAL
PERFORMANCE
-CONSTRUCTION
PERFORMCE

SAVE ESTIMATION
-COMPARATIVE COST
-CONSTRUCTION BENEFITS
-RETURN ON INVESTIMENT
-TIMING RISK
-SELECTED ITEMS TO
BE OPTIMIZED

RE-DESIGN -CERTIFIED BIM MODEL



Figura 1. Dimensões do BIM [5].

Softwares BIM





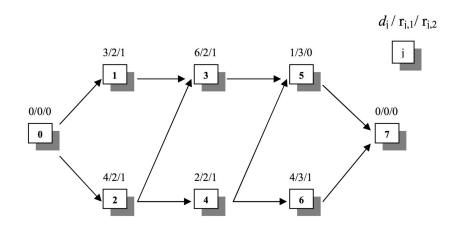


Modelagem do Problema RCPSP

- Um projeto consiste de n + 2 tarefas;
- Seja $J = \{0, 1, \dots, n, n + 1\}$ o conjunto de atividades;
- K = 1, ..., k o conjunto de recursos;



Modelagem do Problema RCPSP



 $Min F_{n+1}$

Subject to:
$$F_l \leq F_j - d_j \qquad \qquad j = 1, ..., n+1 \; ; \; l \in P_j$$

$$\sum_{j \in A(t)} r_{j,k} \leq R_k \qquad \qquad k \in K \; ; \; t \geq 0$$

$$F_j \geq 0 \qquad \qquad j = 1, ..., n+1$$

Figura 2. Definição e modelagem do problema RCPSP [2].

Figura 3. Modelagem do RCPCP [7].

Algoritmo de Construção de Escalonamento

Este trabalho utiliza um algoritmo genetico para solucionar o problema RCPSP aplicado a construcao civil a fim de gerar a melhor solução em tempo e recurso.



Algoritmo Genético

procedure GENETIC-ALGORITHM

```
Generate initial population P_0;

Evaluate population P_0;

Initialize generation counter g \leftarrow 0;
```

```
While stopping criteria not satisfied repeat 

Select some elements from Pg to copy into Pg+1;

Crossover some elements of Pg and put into Pg+1;

Mutate some elements of Pg and put into Pg+1;

Evaluate some elements of Pg and put into Pg+1;

Increment generation counter: g \leftarrow g+1;

End while
```

End GENETIC-ALGORITHM;

Figura 4. Algoritmo Genético básico [1].



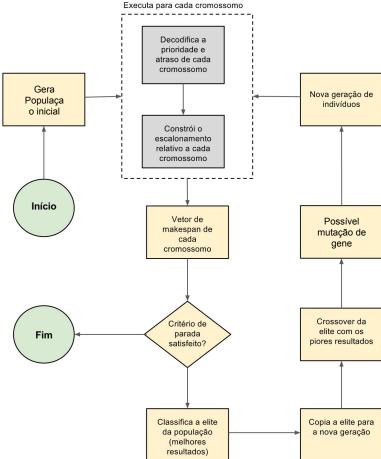
Construção de Escalonamento

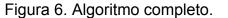
```
Initialization: g = 1, t_1 = 0, A_0 = \{0\}, FS_0 = \{0\}, S_0 = \{0\}, RD_k(0) = R_k (k \in K)
while |S_p| < n+2 repeat
    Update E_{o}
     while E_g \neq \{\} repeat
              Select activity with highest priority
               j^* = \operatorname{argmax} \left\{ PRIORITY_i \right\}
              Calculate earliest finish time (in terms of precedence only)
               EF_{i^*} = \max_{i \in P_i} \{F_i\} + d_{i^*}
              Calculate the earliest finish time (in terms of precedence and capacity)
              F_{\cdot \cdot} = \min \left\{ t \in \left[ FMC_{\cdot \cdot} - d_{\cdot \cdot}, \infty \right] \cap FS_{g} \mid r_{\cdot \cdot b} \leq RD_{b}(\tau), \right.
                                              k \in K \mid r_{i, t} > 0, \tau \in [t, t + d_{i}] + d_{i}
              Update S_{g} = S_{g-1} \cup \{j^*\}, FS_{g} = FS_{g-1} \cup \{F_{j^*}\}
              Iteration increment: g = g+1
              Update A_{g}, E_{g}, RD_{k}(t) \mid t \in [F_{i} - d_{i}, F_{i}], k \in K \mid r_{i,k} > 0
    Determine the time associated with activity g
    t_{\rho} = \min \left\{ t \in FS_{\rho-1} \mid t > t_{\rho-1} \right\}
```

TIRTUS IMPAVIDA

Figura 5. Algoritmo Genético básico [2].

Algoritmo Completo







Plugin Navisworks

Navisworks é uma ferramenta BIM

Quarta Dimensão BIM

Possui API

Muito utilizado para organizar tarefas de construção civil



Integração Revit - Navisworks

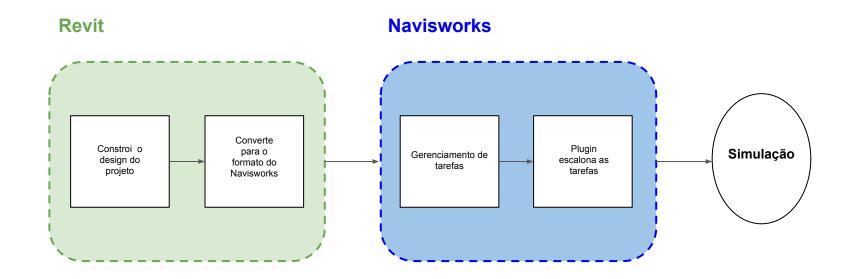


Figura 7. Integração dos softwares de construção.



Caso de Estudo

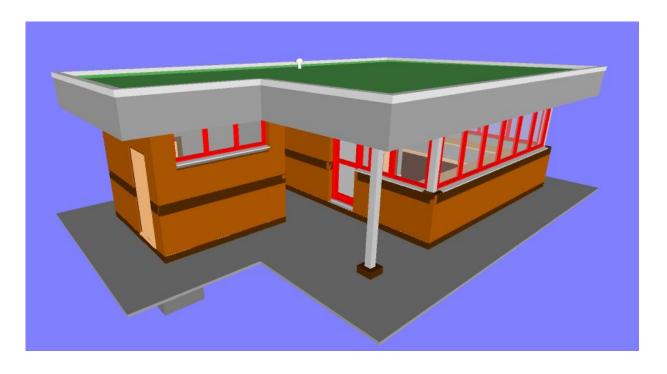


Figura 8. Projeto modelado no Revit.



Resultados (Diagrama de Gantt)

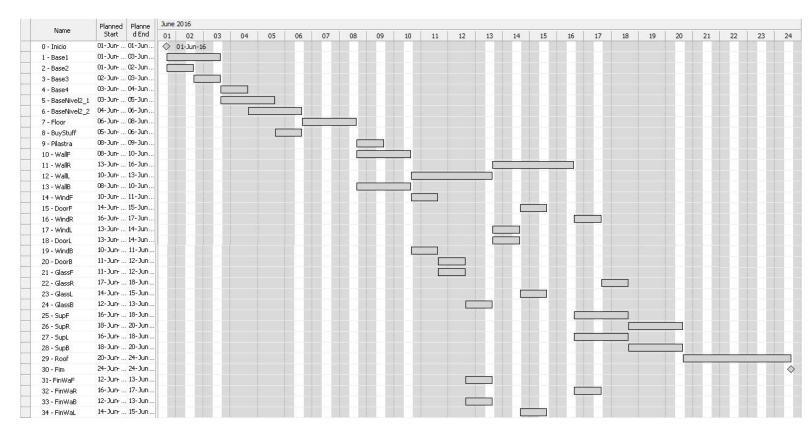




Figura 9. Resultado do escalonamento de 35 tarefas.

Resultados (Simulação)

Vídeo!



Resultados (Outros Projetos)

Tabela 1. Diferença entre os tempos escalonados manualmente e pelo algoritmo.

Qtd Tarefas	Qtd Recursos	Tempo antes do algoritmo	Tempo depois do algoritmo	Diferença
35	4	34 dias	23 dias	11 dias
100	4	187 dias	141 dias	46 dias

Tabela 2. Diferença entre os tempos escalonados manualmente e pelo algoritmo

Qtd Tarefas	Qtd Recursos	Tempo depois do algoritmo
250	4	412 dias
500	4	784 dias
1000	4	1665 dias



Conclusão

Demonstrou-se que a medida que o número de tarefas aumenta, também aumenta a complexidade do projeto, fazendo com que o tempo desperdiçado entre uma tarefa e outra seja muito maior do que deveria.

Com o algoritmo proposto foi possível obter um planejamento otimizado, respeitando as necessidades e capacidades dos recursos, assim como evitando o tempo ocioso.



Referências

- [1] J. Magalhães-Mendes. Project scheduling under multiple resources constraints using a genetic algorithm. WSEAS TRANSACTIONS on BUSINESS and ECONO- MICS, 2008.
- [2] José F. Gonçalves Jorge M.Mendes, Maurício G. C. Resende. A random key based genetic algorithm for the resource constrained project scheduling problem. *ATT Labs Research Technical Report TD-6DUK2C*, 2005.
- [3] Inc. Autodesk. Autodesk Navisworks, 2012.
- [4] Inc. Autodesk. Autodesk Revit, 2012.
- [5] http://bim6d.es/en/scope/, acessado dia 15 de Junho de 2016 às 23h.
- [6] C. Patrick. Construction Project Planning and Scheduling. PEARSON Prentice Hall, 2004.
- [7] Alvarez-Valdes R. Christofides, N. and J.M. Tamarit. Problem scheduling with re- source constraints: A branch and bound approach. *European Journal of Operatio- nal Research*, 1987.

