

CÁLCULO DO BALANÇO ENTRE ATIVIDADES REPETITIVAS PARA USO EM PROGRAMAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS.

Carlos Luciano Sant'Ana Vargas

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção na UFSC
Praça Barão do Rio Branco, 233 ap. 53 - 84010-710 Ponta Grossa - Pr

Orientação: Luiz Fernando Mahlmann Heineck, Ph.D.

Professor do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas CTC/UFSC
Caixa Postal 476 - 88010-970 Florianópolis - SC

***Abstract:** Line of Balance Scheduling Techniques are being increasingly used by construction managers. However, software was still not specifically developed for this purpose; managers should rely on standard CPM software. This research work presents a methodology to calculate precedence between activities in a line of balance approach. Thus it is possible to use this software in a novel form, specially designed for repetitive type of construction.*

***Keywords:** Line of Balance, project management softwares*

1 - INTRODUÇÃO

A programação de obras de construção civil utilizando os conceitos de planejamento para obras repetitivas com a técnica da Linha de Balanço - LOB (Line of Balance) utilizando programas de computador que operam a simulação ou a programação de atividades baseados (ou orientados) por recursos têm se constituído em tema para pesquisa em várias instituições, como por exemplo: Thabet (Union College, Schenectady, NY/USA); Beliveau (Virginia Tech, Blacksburg, VA/USA); Sarraj e Hijazi (King Saudi University, Riyadh/AS); Lutz (Auburn University, Auburn, AL/USA); Halpin (Purdue University, West Lafayette, IN/USA); e Wilson (North Carolina State University, Raleigh, NC/USA). Estes pesquisadores, além de explorarem os conceitos da LOB sob variadas nomenclaturas, enfatizam para a necessidade de se empenhar esforços para o desenvolvimento de mecanismos de programação que sejam viáveis para aplicação prática. Assim procurou-se trabalhar com um programa (software) que fosse potencialmente amigável a engenheiros de obras e planejadores. O programa da Microsoft Corporation, o MSProjctct® - versão 4.1 para Windows 95 é o programa de computador para gerenciamento de projetos mais vendido em todo o mundo (Higgins, 1995), o que justifica a escolha do programa por ser ele, provavelmente, o mais utilizado. Algumas adaptações na forma de entrada das informações foram feitas para por em prática os conceitos da técnica da Linha de Balanço. A estruturação das atividades previstas na programação foi a de subprojetos, ou seja cada atividade integrou um subprojeto. As atividades todas foram, posteriormente agrupadas num projeto principal, que por sua vez pode ser um subprojeto a ser agrupado em nova atividade principal. Essa opção de estruturação é justificada face a necessidade de se usar uma estrutura de programação que viabilize a rápida verificação, por parte de projetistas e engenheiros de obras, das conseqüências na programação (atraso ou

adiantamento) de decisões gerenciais ou dos fatores externos que possam interferir no andamento das obras.

Além do exemplo mostrado neste trabalho com o objetivo de mostrar o potencial da utilização da estrutura de subprojetos e dos programas já existente, também foi trabalhado uma série de casos para o cálculo do ponto de balanceamento, assim chamado para definir o número de dias que precisam ser acrescentados na relação de precedência entre duas atividades em seqüência. Os casos estudados partem da formulação genérica para o cálculo do referido ponto em que se otimiza o balanço entre as atividades e explora, sinteticamente, algumas das situações em que o valor procurado - o ponto de balanceamento - coincide com informações conhecidas do usuário, como por exemplo: duração da atividade antecessora e tempo de base das atividades.

Por último, este artigo aponta para a necessidade de se trabalhar os conceitos colocados para outras situações que fatalmente ocorrerão nas obras, tais como: a necessidade de reprogramação. Para tanto é mostrada, ainda que superficialmente, a formulação genérica para a definição do ponto de balanço nos casos em que ocorre reprogramação de obras com atividades já em andamento.

2 - SIMULANDO A LINHA DE BALANÇO COM PROGRAMAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Em trabalhos anteriores procurou-se demonstrar a possibilidade de utilização de programas de computador de gerenciamento de obras, tais como o Microsoft Project[®] versão 4.1 para Windows 95 e Symantec Time Line[®] versão 6.1 para Windows 3.x., (Vargas e Coelho, 1996). Com o desenvolvimento de algumas simulações foi possível perceber a existência de potencial de pesquisa em relação a utilização desses programas. Nos artigos já publicados em revistas estrangeiras existem citações do uso desses programas com a técnica da Linha de Balanço. No entanto, pouco ou quase nada é dito a respeito das situações específicas de programação.

Ao utilizar a estrutura de subprojetos para programar obras em edifícios altos com atividades repetitivas, usando o MSProject[®], versão 4.1, pode-se verificar que os conceitos da Linha de Balanço podem ser aplicados, principalmente, em função da programação no software ser orientada por recursos. Se na técnica da Linha de Balanço quem define o ritmo dos serviços é a mão de obra (ou equipamentos) tornou-se possível simular a técnica com o programa MSProject[®]. Algumas adaptações precisaram ser efetivadas, como por exemplo entrar com o local (pavimento) onde a atividade iria ser desenvolvida, como mostrado na Fig. 1, em vez de com a atividade propriamente dita, que passou a ser um subprojeto. Todas as demais atividades repetitivas passaram a constituir subprojetos que foram agrupados num projeto maior, como se pode ver na Fig. 5. E daí por diante, pois o software permite estabelecer até 80 subprojetos. Entrando com diferentes quantidades de recursos, no caso, equipes de mão de obra, pode-se ver os ritmos sendo modificados, como mostrado na Fig. 2. O ritmo da atividade foi aumentado ao se colocar mais 1 equipe, e em conseqüência a duração da atividade também foi alterada. Isto é possível de ser feito, rapidamente, com simples toques de teclado. Ao simular ritmos diferentes para ver que programação ficará melhor para a atividade, o usuário que no caso pode ser o engenheiro da obra, causará alterações em todas as atividades programadas, em especial, às atividades antecessora e sucessora à atividade que está sendo testada. Como as atividades-subprojetos estão todas ligadas por meio do projeto maior, será imprescindível ter um instrumento de cálculo do balanço que seja fácil de entender, rápido e seguro.

Atividade	Duração	Início	Término	May		
				11/05	18/05	25/05
1 Paredes externas	15d	12/05/97	31/05/97			
1.1 Pav. 1	5d	12/05/97	16/05/97	■		
1.2 Pav. 2	5d	12/05/97	16/05/97	■		
1.3 Pav. 3	5d	12/05/97	16/05/97	■		
1.4 Pav. 4	5d	17/05/97	21/05/97		■	
1.5 Pav. 5	5d	17/05/97	21/05/97		■	
1.6 Pav. 6	5d	17/05/97	21/05/97		■	
1.7 Pav. 7	5d	22/05/97	26/05/97			■
1.8 Pav. 8	5d	22/05/97	26/05/97			■
1.9 Pav. 9	5d	22/05/97	26/05/97			■
1.10 Pav. 10	5d	27/05/97	31/05/97			■

Fonte: MSProject® 4.1

Fig. 1 - Programação da atividade Paredes Externas

Atividade	Duração	Início	Término	May		
				11/05	18/05	25/05
1 Paredes externas	11d	12/05/97	26/05/97			
1.1 Pav. 1	5d	12/05/97	16/05/97	■		
1.2 Pav. 2	5d	12/05/97	16/05/97	■		
1.3 Pav. 3	5d	12/05/97	16/05/97	■		
1.4 Pav. 4	5d	12/05/97	16/05/97	■		
1.5 Pav. 5	5d	17/05/97	21/05/97		■	
1.6 Pav. 6	5d	17/05/97	21/05/97		■	
1.7 Pav. 7	5d	17/05/97	21/05/97		■	
1.8 Pav. 8	5d	17/05/97	21/05/97		■	
1.9 Pav. 9	5d	22/05/97	26/05/97			■
1.10 Pav. 10	5d	22/05/97	26/05/97			■

Fonte: MSProject® 4.1

Fig. 2 - Atividade Paredes Externas com 4 equipes de alvenaria

3 - CÁLCULO DO BALANÇO ENTRE ATIVIDADES REPETITIVAS

Depois de programados, os subprojetos foram ligados ao projeto principal, no exemplo a atividade ALVENARIA, a fim de que seja possível fazer o balanço entre as essas atividades, tenham elas o mesmo ritmo ou ritmos diferentes. Para tanto desenvolveu-se um procedimento de cálculo baseado nas informações fornecidas pelo software, tais como: duração das atividades, datas de início e término e tempo de base (duração da atividade em cada pavimento). No Fig. 3, a seguir, está mostrado o gráfico com a formulação desenvolvida para calcular o ponto de balanceamento entre duas atividades genéricas. Com a aplicação da fórmula obtêm-se o valor de X, que expressa o tempo (em dias) de diferença entre o início da atividade 1 e o início da atividade 2. O valor obtido servirá de entrada para o programa na coluna Antecessora da atividade principal, como condição na relação de precedência entre as atividades.

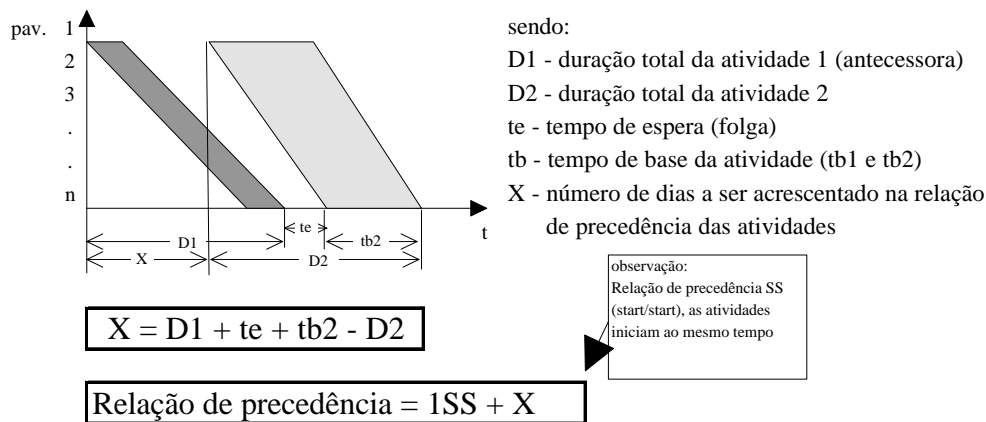


Fig. 3 - Fórmula geral do cálculo do Ponto de balanceamento

Na Fig. 4, é mostrada uma tabela utilizada para o cálculo do valor de X, para as atividades do exemplo adotado.

Nº	ATIVIDADE	DURAÇÃO (D)	TEMPO DE BASE (tb)	TEMPO DE ESPERA (te)	PONTO DE BALANÇO		ATIVIDADE ANTECESSORA
					(X)	(X) adotado	
1	Marcação	10	2	0			
2	Paredes externas	20	5	0	-5	5	1
3	Paredes internas	40	10	0	-10	10	2
4	Encunhamento	8	4	0	36	36	3
5	Chapisco interno	8	2	0	2	2	4

Fig. 4 - Tabela do cálculo do ponto de balanceamento

Na Fig. 5, é mostrada a programação da atividade com os valores obtidos no cálculo do ponto de balanceamento, e a seguir, na Fig. 6 é apresentada o gráfico da Linha de Balanço da atividade ALVENARIA, depois de aplicadas as obrigações da coluna antecessora calculados na tabela do ponto de balanço. O programa utilizado impõe que o desenho da Linha de Balanço mostre as atividades de cima para baixo, embora estejam indo da primeira para a última unidade de repetição, distintamente do desenho usual da LOB que apresenta as atividades de baixo para cima.

ID	Atividade	Duração	início	Término	Antecessora
1	ALVENARIA	64d	05/05/97	07/07/97	
2	Marcação	10d	05/05/97	14/05/97	
3	Paredes externas	20d	12/05/97	31/05/97	2SS+5d
4	Paredes internas	40d	22/05/97	30/06/97	3SS+10d
5	Encunhamento	8d	27/06/97	04/07/97	4SS+36d
6	Chapisco interno	8d	30/06/97	07/07/97	5SS+2d

Fonte: MSPProject® 4.1

Fig. 5 - Programação da atividade ALVENARIA

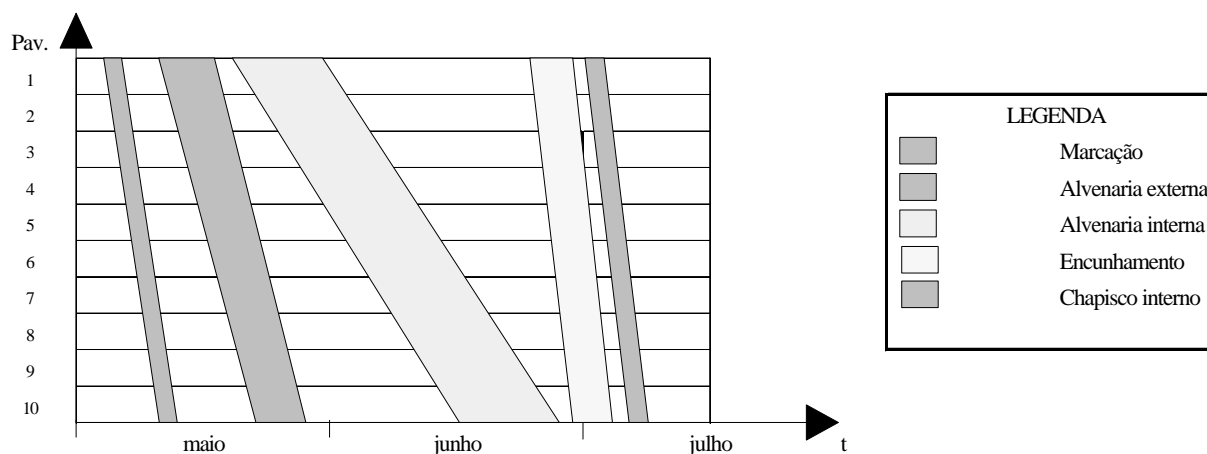


Fig. 6 - Linha de Balanço da atividade ALVENARIA

3.1 - Tempos de espera

Outro dado de entrada para o cálculo do ponto de balanço é a definição pelo usuário dos tempos de espera entre as atividades. No exemplo adotado os tempos de espera são todos iguais a zero, ficando por conta do programa estabelecer pequenas esperas em função do calendário utilizado. Nas atividades de ponta, ou seja, aquelas que abrem frente de serviço para outras, nem sempre é possível garantir a continuidade da tarefa na unidade de repetição. Por exemplo, no caso de equipes de formas para estruturas, cujo ritmo é geralmente mais lento que a concretagem, as equipes trabalham na frente de serviços durante um período para liberar frente para os armadores e em seguida voltam para a carpintaria para preparar outras superfícies de trabalho ou recuperar formas já utilizadas, ou ainda, atuar em serviços complementares não repetitivos. A continuidade dos serviços é um parâmetro para a técnica da Linha de Balanço, sendo assim desejável manter os trabalhos de forma contínua com a redução dos tempos de espera, com o objetivo de minimizar os efeitos negativos das interrupções (desmobilização, limpeza, preparo de superfícies, conservação de equipamentos, armazenagem de materiais, etc.) e maximizar os efeitos benéficos da continuidade (redução de custos e tempo, aprendizagem e aderência) (Heineck, 1988).

3.2 - Redes de precedência

No exemplo adotado para este trabalho foram agrupadas em subprojetos as atividades de Marcação, Paredes externas, Paredes internas, Encunhamento e Chapisco juntas no projeto principal ALVENARIA. Esta definição, na prática é responsabilidade do engenheiro que irá programar a obra e geralmente o faz com base em redes de precedências usuais. De qualquer modo, limitado as questões intrínsecas à obra, como por exemplo a tecnologia utilizada, o programa permite trabalhar com qualquer tipo de rede, inclusive as mais complexas, mesmo que tenham atividades em paralelo. Evidentemente, quanto mais linear for a rede de precedência mais adequada ela será aos conceitos da técnica da Linha de Balanço. Também pouca restrição se faz quanto ao tipo de obrigação que venha a existir entre as atividades, sejam elas as chamadas precedências horizontais, ou seja as que impõem precedências entre as atividades no mesmo pavimento, ou as chamadas obrigações verticais, as que impõem relações de precedência entre atividades de um pavimento para outro, (Thabet e Beliveau, 1994).

4 - SÍNTESE DOS PONTOS DE BALANCEAMENTO

O cálculo do ponto de balanceamento pode ser resumido em três (3) casos levando em conta variáveis, como por exemplo: os ritmos das atividades, a duração, os tempos de espera, o sentido de ataque (se para cima ou para baixo) das atividades e a direção das precedências (se horizontais ou verticais). Em todos os casos o tempo de espera é definido pelo usuário. No entanto, para os casos a seguir explorados o tempo de espera, seja ele inicial ou final, é sempre igual a zero.

4.1 - 1º Caso - Ponto de Balanceamento igual ao tempo de base da atividade 1 para redes de precedências com obrigações horizontais.

a) Para atividades com ritmos iguais

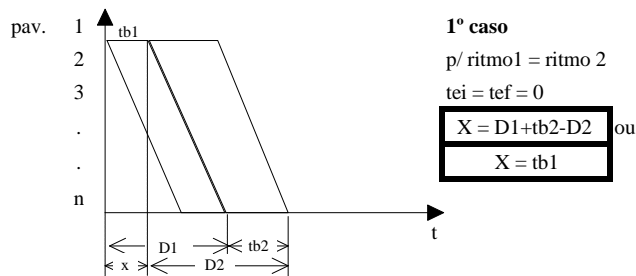


Fig. 7 - Atividades com ritmos iguais

b) Para ritmo da atividade 1 maior que ritmo da atividade 2

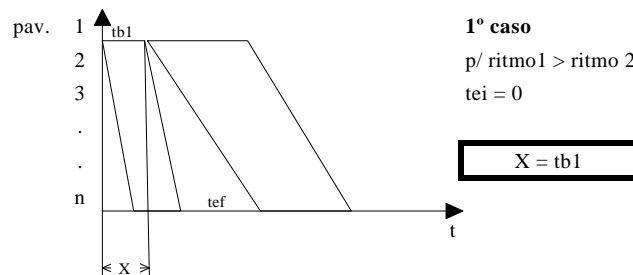


Fig. 8 - Atividades com ritmos diferentes (ritmo 1 > ritmo 2)

4.2 - 2º Caso - Ponto de Balanceamento determinado pela fórmula geral para redes de precedências com obrigações horizontais para ritmo da atividade 1 menor que ritmo da atividade 2

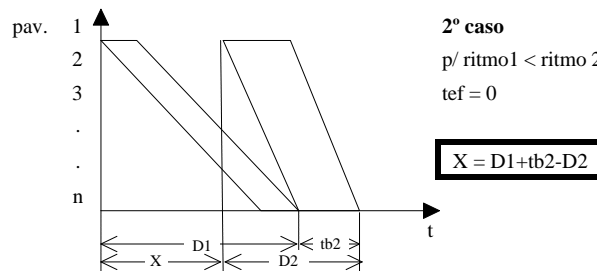


Fig. 9 - Ritmo 1 < ritmo 2

4.3 - 3º Caso - Ponto de Balanceamento igual a duração da atividade 1 para redes de precedências com obrigações horizontais e/ou verticais com direção igual ou diferente.

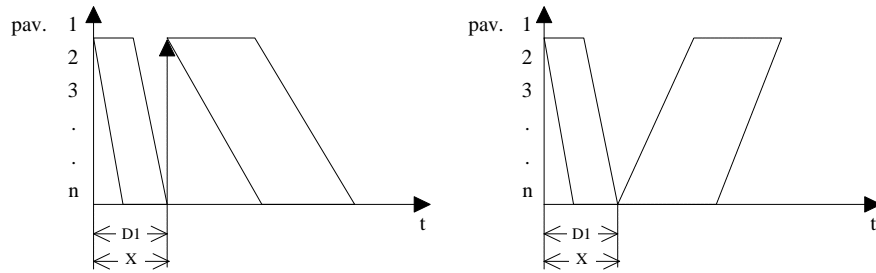


Fig. 10 - Ponto de balanceamento igual a D1 (duração da atividade 1)

5 - O PONTO DE BALANCEAMENTO NA REPROGRAMAÇÃO

Os casos anteriormente mostrados estabelecem o ponto de balanceamento de atividades em fase de planejamento, permitindo-se trabalhar todas as variações possíveis. Já para os casos em que as atividades se encontram em pleno desenvolvimento com a obra em andamento, será necessário estabelecer a formulação que permita continuar utilizando o programa e os conceitos da técnica da Linha de Balanço também na fase de construção. Na Fig. 11 está mostrado uma programação em que foi necessária uma reformulação devido a atraso na atividade antecessora, considerando que a atividade posterior também já tinha se iniciado.

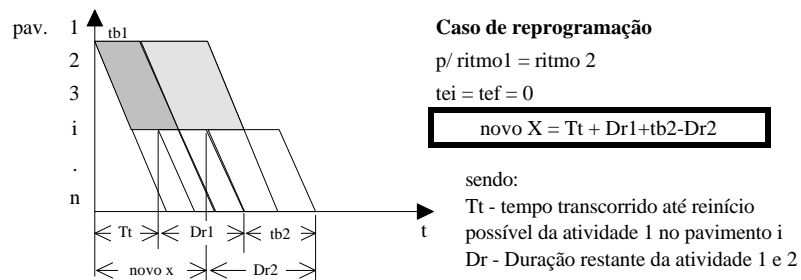


Fig. 11 - Ponto de balanceamento no caso de reprogramação

6 - CONCLUSÕES

Um escritório de obras com uma infra-estrutura adequada a complexidade da obra dever prever a utilização de equipamentos de informática e se possível estar conectado com o escritório central. Para o planejamento de obras isto é requisito essencial para o sucesso de um programa de qualidade sério. O que é preciso, cada vez mais, é desenvolver os meios de convencimento desta suposta essencialidade. O artigo ora apresentado pretendeu mostrar que a programação de obras, utilizando um programa conhecido com algumas adaptações para se aproximar dos conceitos da técnica da Linha de Balanço, é possível e relativamente fácil.

Os resultados apresentados são apenas uma mostra das implicações que existirão nos casos de programação e reprogramação. É evidente que será necessário explorar mais a fundo esses conceitos. Mesmo assim, embora seja cedo para afirmar alguma coisa, parece que, feitas as devidas adaptações, o cálculo do ponto de balanceamento recai sempre num dos casos estudados neste artigo. Conclusões mais fundamentadas poderão fazer parte de outro artigo futuro, uma vez que este trabalho, além de dar seqüência a outro já apresentado

no encontro do ano passado, faz parte de linha de pesquisa que vem sendo desenvolvida junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, nível de mestrado - PPGEP da Universidade Federal de Santa Catarina.

7 - REFERÊNCIAS

- HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann. **Dados básicos para a programação de edifícios altos por linha de balanço.** Congresso Técnico Científico de Engenharia Civil. Florianópolis, UFSC, 1996, Vol.2 p.167-173.
- HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann. **The Line of Balance concept for low-rise flats construction sites - a view on the allocation of labour resources to the activities and their durations according to the "S" curve approach.** CIB - W65, Londres/UK, sept/87. Publ. by E&FN Spon Ltd, New York/USA, 1988, vol.3. p.207-217.
- FAWCETTE TECHNICAL PUBLICATIONS. **Directory of Companion Products and services for Microsoft® Project.** Palo Alto, CA/USA, FTP Catalog Spring/summer 1995. 40 p.il.
- LUTZ, James D.; HALPIN, Daniel W.; WILSON, James R. **Simulation of learning development in repetitive constructions.** Journal of Construction Engineering and Management, vol. 120, n.4, December, 1994, p.753-773.
- LUTZ, James D.; HIJAZI, Adib. **Planning repetitive construction - current practice.** Construction Management and Economics, n.11, 1993, p.99-110
- MICROSOFT CORPORATION. **User's guide for Microsoft Project for Windows 95 and Windows 3.1.** Manual. USA, Microsoft Corporation, 1995, 270 p.ilust.
- SARRAJ, Zohair M. Al. **Formal development of Line of Balance Technique.** Journal of Construction Engineering and Management, vol. 116, n. 4, December, 1990, p.689-704.
- THABET, Walid Y.; BELIVEAU, Yvan J. HVLS: horizontal and vertical logic scheduling for multistory projects. Journal of Construction Engineering and Management, vol. 120, n. 4, December, 1994, p.875-892.
- VARGAS, Carlos Luciano S.; COELHO, Renato de Q. **Utilizando programas de computador de gerenciamento de projetos para estruturar a programação de atividades repetitivas em obras de construção civil com a técnica da linha de balanço.** 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1996, Piracicaba/SP, Anais.