

Melhoria de desempenho no sistema de transporte público de Ponta Grossa – PR através de dimensionamento de capacidade e redefinição de horário dos ônibus

Leonardo Henrique Santos Gomes¹ (UTFPR) – leonardopc12@gmail.com

Shih Yung Chin² (UTFPR) – chin@utfpr.edu.br

Karina Pinheiro Borges³ (UTFPR) – karinaborgess_@hotmail.com

Pedro Verri Diniz⁴ (UTFPR) – dinizpv@hotmail.com

***Resumo:** O objetivo deste estudo é fazer o dimensionamento de capacidade e redefinição dos horários dos ônibus de modo a melhorar o sistema público de transporte, visto que atualmente, em horário de pico, há muitos usuários em fila sem serem embarcados. Este estudo propõe duas melhorias, que são definidas como aumento da capacidade dos ônibus que fazem atendimento atualmente e colocar um carro a mais em trânsito. Após aplicação das sugestões de melhoria, constata-se que para o primeiro cenário houve melhoria, porém não foi disponibilizada a viabilidade da realização dele, para o segundo cenário, a melhoria foi expressiva, pois a possibilidade de mudança é próxima da realidade atual, o terceiro cenário serviu de suporte para o segundo e primeiro, podendo ser adotado desde a conclusão do artigo.*

Palavras-chave: transporte público, filas, melhorias.

1. Introdução

O crescente número da população, os meios como esta se desloca e a qualidade envolvida nesse processo torna viável e necessário o estudo de formas de distribuição e melhorias no transporte. Entre os mais acessíveis, o transporte público. O bom planejamento, baseado em fatores estatísticos que possam conciliar a demanda com a exequibilidade financeira traz benefícios a todos que dependem da locomoção. Um foco na produtividade e qualidade, do ponto de vista dos clientes, é crucial ao sucesso financeiro de longo prazo de uma empresa. (QUINN, 1992).

A Teoria das Filas e Simulação auxilia o planejamento de diversos setores e surgiu no

¹ Acadêmico do curso de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

² Graduado em Engenharia de Produção Mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP/São Carlos. Mestre em Engenharia Mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP/São Carlos. Doutor em Engenharia Mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP/São Carlos. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

³ Acadêmica do curso Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

⁴ Acadêmico do curso de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

início do século XX, cujo objetivo era aumentar desempenho produtivo e modelar os dados do processo de maneira a minimizar os complexos panoramas produtivos. (PRADO, 1999).

Um sistema de fila caracteriza-se por um processo de chegada de entidades, que pode representar o número de pessoas, peças, veículos, etc., e uma ou mais unidades de atendimento que se soma a um sistema em um determinado período. A fila é formada devido às unidades de atendimento estar ocupadas, assim que alguma destas é liberada, a fila é então absorvida.

A maneira pela qual esta é absorvida determina o desempenho do sistema e gera os dados de atendimento ou atendido, que por definição é a “sensação” que o cliente tem pelo fato de sair da fila e uma chegada acumulada, sendo esta o acúmulo de usuários do sistema no instante observado mais o acumulado anterior.

Para identificar a melhor maneira de como resolver ou dissolver um problema com filas é necessário ter conhecimentos de:

- Quem ou o que está recebendo atendimento.
- Como é feito o acúmulo.
- Como a fila está sendo minimizada.
- Qual a melhor disciplina literária para diminuir a fila.

Este artigo pretende através da Teoria das Filas e Simulação, analisar as questões acima e desenvolver uma maneira viável para a linha UTFPR de transporte público da cidade de Ponta Grossa – Paraná que enfrenta lotação durante cinco dias da semana e conseqüente conflito entre alocação de pessoas, horários disponíveis e custo benefício da linha em movimento.

2. Referencial teórico

Pode-se definir transporte público como serviço público de transporte de passageiros acessível a toda a população mediante pagamento individualizado, com itinerários e preços fixados pelo poder público. (Lei nº 12.860 de 11/09/2013).

Estudos que possibilitem a competitividade de empresas de transporte público não são muito comuns e não existem outros publicados com a mesma conotação, o que torna este artigo

ponta para outros trabalhos similares. Para uma melhor visão de como dividir frotas, conciliar horários viáveis que combinem a chegada de passageiros com disponibilidade da frota, qualidade do transporte e a possibilidade de reduzir custos durante o processo, buscou-se estudos realizados com a Teoria das Filas e Simulação, que é uma ramificação da Pesquisa Operacional, que propõe estudar usando-se de modelos matemáticos, a formação de filas de modo a oferecer o melhor serviço ao usuário e custo baixo as empresas.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é o problema de formação de filas em uma unidade de transporte público, a fim de minimizar perdas econômicas e diminuir o tempo de espera dos clientes através do aumento da taxa de atendimento utilizando-se dos métodos de simulação e teoria das filas.

A pouca disponibilidade de artigos que envolvam o sistema público de transporte e a teoria das filas acabou por dificultar fontes teóricas sobre o assunto.

3. Coleta de dados

Os dados para simulação de melhorias foram recolhidos na empresa de ônibus Viação Campos Gerais (VCG) localizada na cidade de Ponta Grossa, Paraná, esta conta com uma linha direta do Terminal Central até a UTFPR. Esta empresa conta com vinte e dois horários de ônibus saindo do Terminal Central com destino à UTFPR e vinte e quatro com sentido contrário saindo cada um em aproximadamente 5 minutos de diferença do outro, adotando-se um desvio padrão de 3 minutos, porém para este estudo considerou-se apenas os horários com maior fluxo de pessoas que é na parte da manhã, entre as 7h e 8h e na parte da tarde das 16h 30 às 18h, para verificar o desempenho da alocação de pessoas em conjunto com a disponibilidade de carros para o instante. Os ônibus analisados possuem capacidade de 46 pessoas, referentes às sentadas e em pé. Atualmente a crítica dos passageiros é a falta de segurança que utilizar um ônibus lotado oferece, além do desconforto durante o percurso.

Inicialmente foram coletados dados das partidas do Terminal Central no primeiro horário de fluxo de pessoas com destino à UTFPR para verificar se a disponibilidade de horários estava de acordo com a necessidade dos usuários. Foi adotado para critérios de sequência e precisão dos cálculos um intervalo de cinco minutos entre o primeiro usuário que chegou à fila para embarque no primeiro ônibus até o último ônibus em horário de fluxo no

período da manhã. Na coleta considerou-se ainda um ônibus que chegou com três minutos de antecedência. A tabela abaixo apresenta a contagem de tempo desde o primeiro usuário, a quantidade de pessoas que chegam a cada instante, o acúmulo das chegadas, o atendimento das pessoas (o fato de elas entrarem no ônibus), o acúmulo deste atendimento e a fila formada.

Os ônibus não seguem a rigor as normas de capacidade máxima, ou seja, após completar os 46 passageiros e ainda houver pessoas em fila, o atendimento continua sendo realizado.

Tabela 1 – Verificação das partidas do Terminal Central com destino à UTFPR

Tempo (minutos)	Chegadas a cada instante	Chegadas Acumuladas	Atendimento das pessoas	Atendimento Acumulado	FILA
07h10min	1	1	0	0	1
07h15min	1	2	0	0	02
07h20min	4	6	0	0	06
07h25min	7	13	0	0	13
07h30min *	14	27	27	27	0
07h35min	4	31	4	31	0
07h38min *	12	43	12	43	0
07h40min	50	93	40	83	10
07h45min	30	123	30	113	10
07h50min	10	133	20	133	0
07h55min	0	133	0	133	0
08h00min	0	133	0	133	0

Fonte: Autoria Própria

A tabela 1 mostra os horários disponíveis de partida do terminal, o * representa os horários de chegada de cada ônibus. A contagem parou no instante 8h00min, pois não havia mais passageiros para embarque. Foram realizados cálculos de fila máxima ($Lq_{m\acute{a}x}$), fila média (Lq), espera máxima ($Wq_{m\acute{a}x}$) e espera média (Wq). Os resultados seguem abaixo:

$$Lq = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n}{n}$$

$$Lq = \frac{0 + 2 + 6 + 13 + 0 + 0 + 10 + 10 + 0 + 0 + 0}{11} = 3,7 \text{ clientes}$$

$Lq_{m\acute{a}x}$ = número máximo de pessoas na fila

$$Lq_{m\acute{a}x} = 13 \text{ clientes}$$

$$Wq = \frac{W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n}{n}$$

$$Wq = \frac{20 + 10 + 0 + 5 + 0 + 0}{6} = 5,83 \text{ minutos}$$

$Wq_{m\acute{a}x}$ = espera máxima na fila

$$Wq_{m\acute{a}x} = 20 \text{ min}$$

Feito isso, analisou-se os resultados relativos à saídas do ponto de embarque da UTFPR sentido Terminal Central. A tabela a seguir mostra os dados coletados.

Tabela 2 – Verificação das partidas da UTFPR com destino ao Terminal Central em horário de fluxo

Tempo (minutos)	Chegadas a cada instante	Chegadas Acumuladas	Atendimento das pessoas	Atendimento Acumulado	FILA
16h30min	2	2	0	0	2
16h35min	2	4	0	0	4
16h40min	3	7	0	0	7
16h45min	0	7	0	0	7
16h50min	3	10	0	0	10
16h55min	5	15	0	0	15
17h00min	19	34	0	0	34

17h05min	20	54	0	0	54
17h10min	7	61	0	0	61
17h15min	67	128	0	0	128
17h20min	9	137	0	0	137
17h25min	20	157	0	0	157
17h30min *	14	171	92	92	79
17h35min **	6	177	46	138	39
17h40min	2	179	41	179	0

Fonte: Autoria Própria

Segue abaixo os cálculos de fila média (Lq), fila máxima ($Lq_{máx}$), espera média (Wq) e espera máxima ($Wq_{máx}$) e seus respectivos resultados:

$$Lq = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n}{n}$$

$$Lq = \frac{2 + 4 + 7 + 7 + 10 + 15 + 34 + 54 + 61 + 128 + 137 + 157 + 79 + 39 + 0}{15} = 48,93 \text{ clientes}$$

$Lq_{máx}$ = número máximo de pessoas na fila

$$Lq_{máx} = 157 \text{ clientes}$$

A partir dos resultados obtidos na tabela 2, é possível perceber a fila incompatível com a capacidade dos ônibus disponíveis para o horário.

Após análise dos resultados consegue-se viabilizar melhorias de acordo com os horários de carros disponíveis de forma que se criem cenários onde se possa realocar ônibus e não ultrapassar a capacidade de lotação destes, possibilitando melhor qualidade no transporte

e interessante custo-benefício à empresa.

4. Sugestão de Melhorias

Para este artigo serão propostas 3 melhorias. Na primeira (cenário 1) será analisada a alteração da capacidade de cada ônibus e mantendo o horário. Na segunda, foi considerada capacidade fixa de cada ônibus porém alterando os horários (aumento de headway) e a terceira foi suporte para a primeira e segunda pois possibilita auxílio independente da simulação e possíveis custos para a empresa.

- **Cenário 1 (Simulação)**

Para resolver o problema com a saída da UTFPR entre os intervalos das 16h 30 até 18h (tabela 2) sugere-se como primeira melhoria à empresa, retirar de trânsito os ônibus que operam entre as 16h 30 até às 17h 30. Atualmente para esta linha a empresa usa ônibus convencional para o transporte público urbano, porém possui outros modelos disponíveis, é o caso do ônibus articulado, este último é a recomendação sugerida pois possui capacidade de 140 pessoas, além disso, simulou-se ele chegando ao local por volta das 17h 20 e saindo 17h 30, pois existe um carro que faz atendimento no horário das 17h 35.

No período que foi realizado o estudo e coleta de dados, pode-se perceber que o fluxo de pessoas no horário entre 17h 20min e 17h 40min comportaria um ônibus articulado dentro dos padrões de segurança e leis de trânsito a quantidade de passageiros necessária. A tabela 3 mostra como seria a simulação de um ônibus a mais no horário de fluxo.

Tabela 3 – Simulação das partidas da UTFPR com um veículo a mais às 17h 20

Tempo (minutos)	Chegadas a cada instante	Chegadas Acumuladas	Atendimento das pessoas	Atendimento Acumulado	FILA
16h30min	2	2	0	0	2

16h35min	2	4	0	0	4
16h40min	3	7	0	0	7
16h45min	0	7	0	0	7
16h50min	3	10	0	0	10
16h55min	5	15	0	0	15
17h00min	19	34	0	0	34
17h05min	20	54	0	0	54
17h10min	7	61	0	0	61
17h15min	67	128	0	0	128
17h20min *	9	137	120	120	17
17h25min	20	157	20	140	17
17h30min	14	171	0	140	31
17h35min *	6	177	46	186	0
17h40min	0	177	0	186	0

Fonte: Aatoria Própria

A tabela 3 mostra que o atendimento realizado às 17h 20min saindo às 17h 25min do local, seria suficiente para o transporte dos usuários, além disso, a fila que sobraria após esse horário é diluída no próximo horário de atendimento. Como podemos ver nas estatísticas da situação cenário em comparação com a situação atual:

$$Lq = \frac{2 + 4 + 7 + 7 + 10 + 15 + 34 + 54 + 61 + 128 + 17 + 17 + 31 + 0 + 0}{15}$$

$$= 25,8 \text{ clientes}$$

Lq é aproximadamente **45,7% menor** que a situação atual.

$$Lq_{m\acute{a}x} = 128 \text{ clientes}$$

$L_{q_{\max}}$ é aproximadamente **18,5% menor** que a situação atual.

- **Cenário 2 (Simulação)**

Para esta simulação, aumentou-se mais um horário de atendimento entre as 17h 30min e 17h 35min e outro às 17h 40min com ônibus convencionais (atualmente usados pela empresa) comportando 46 passageiros.

Tabela 4 – Simulação das partidas da UTFPR com dois horários a mais

Tempo (minutos)	Chegadas a cada instante	Chegadas Acumuladas	Atendimento das pessoas	Atendimento Acumulado	FILA
16h30min	2	2	0	0	2
16h35min	2	4	0	0	4
16h40min	3	7	0	0	7
16h45min	0	7	0	0	7
16h50min	3	10	0	0	10
16h55min	5	15	0	0	15
17h00min	19	34	0	0	34
17h05min	20	54	0	0	54
17h10min	7	61	0	0	61
17h15min	67	128	0	0	128
17h20min	9	137	0	0	137
17h25min	20	157	0	0	157
17h30min*	14	171	46	46	125
17h33min*	0	171	46	92	79
17h35min*	6	177	46	138	39
17h40min*	2	179	46	184	0

Fonte: Autoria Própria.

A fila gerada às 17h 40 na tabela 4 é negativa, ou seja, não há fila.

- **Cenário 3**

Com a realização da coleta de dados (tabelas 1,2,3 e 4) e cálculo das estatísticas nos cenários acima foi possível perceber que a maneira como os usuários do transporte se organizam na espera atrapalha no tempo de embarque e gera certo desconforto, pois, não existe uma fila de fato e sugere-se como mais uma possível melhoria, passar a existir uma demarcação da fila, isto auxiliaria não somente na condição de espera, mas em conjunto com a organização dos usuários é possível sugerir ainda que o ônibus parta exatamente assim que a sua capacidade máxima for atingida e os usuários que não conseguirem embarcar não se sintam prejudicados, pois não tendo mais carros da linha UTFPR em trânsito nos horários que não há fluxo, torna-se possível realocar mais carros no horário de fluxo da tarde (17h 20 às 17h 40), logo, quando um carro parte após atingir lotação, o outro já está disponível para os que estão em ordem na fila, com isto a fila se dissolveria em minutos e a empresa estaria operando dentro das especificações exigidas pelas leis de trânsito.

5. Conclusão

Os estudos nos permitiu constatar que: no cenário 1, se retirarmos os ônibus dos horários de 16h 40min até às 17h 30min, e colocar um ônibus articulado com capacidade para 140 pessoas que chega às 17h 20min e sai às 17h 30min o tempo de espera média de cada passageiro seria de menor.

No cenário 2 constatamos que se aumentarem o atendimento (colocar mais um ônibus que comporta 46 passageiros) no horário entre 17h 30min e 17h 35min e outro às 17h 40min a fila nesse último horário fica negativa, ou seja, todos os passageiros foram atendidos. Esses dois cenários mostram ser mudanças positivas para a empresa, visto que ela possui ônibus disponíveis para tal mudança.

Por último vimos que no cenário 3, uma simples formação e organização de fila seria eficiente para organizar os passageiros, constatar a capacidade máxima ao ser atingida e evitar tumultos. Essa fila poderia simplesmente ser demarcada por cones de sinalização, que a empresa possui ou pode adquirir por um custo pequeno de apenas 5 reais a unidade.

Ao se fazer uma análise dos cenários, podemos perceber que o mais viável é o 2 em

conjunto com o 3, onde é possível aumentar a quantidade de ônibus nos horários de fluxo, eliminar os que formam pouca fila e organizar os usuários dos transportes conforme a chegada, além de possibilitar a empresa apenas realocar horários e não mudar a estrutura mecânica da linha.

Diante disto, conclui-se que para o melhor desempenho da linha UTFPR com destino ao Terminal Central é viável trabalhar com o cenário 2 e 3 de maneira cruzada.

REFERÊNCIAS

QUINN, J. B. **Intelligent enterprise**. New York: The Free Press, 1992.

PRADO, D. S. do.; **Teoria das Filas e da Simulação**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999, p.124.

GROSS, Donald & HARRIS Carl, "**Fundamentals of Queueing Theory**", Ed. John Willey, New York, 1974.

SHANNON, R. E. **Systems Simulation - The Art and Science**. Prentice-Hall, 1975.