

4. Análise dos resultados obtidos

4.1 Previsão da Série de Sensação Térmica

De modo a conseguir o menor erro (MAPE), diversas redes neurais foram testadas, cada uma com um conjunto de entrada formado através das combinações explicadas no capítulo 3 e com seu respectivo número de neurônios da camada escondida. A tabela 4.1 exibe os erros (MAPE) e as configurações das redes neurais dos modelos de previsão de sensação térmica para os microclimas relativos aos bairros do município do Rio de Janeiro.

Microclima	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Neurônios	6	7	6	5	5	7	6	7
Entradas	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
	SM-04	SM-04	SM-04		SM-04		SM-04	SM-04
							SM-03	
	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02
	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
				MM3	MM3	MM3		MM3
	MM2		MM2					
		DM-3			DM-3			
	DM-1		DM-1			DM-1	DM-1	
MAPE (%)	3,77	3,80	4,84	3,60	6,40	3,29	3,65	3,53
Acumulado (° C)	-5,44	-3,71	2,00	-1,33	9,16	-1,84	1,75	6,25

Tabela 4.1: Configuração das redes neurais de previsão da série de sensação térmica dos bairros do Município do Rio de Janeiro.

Analisando a tabela 4.1, pode-se ver que as combinações mais relevantes são as SM-12, SM-02 e SM-01, pois são encontradas nos conjuntos de entrada de todos os 8 microclimas. O menor e o maior erro (MAPE) foram encontrados nos microclimas B6 e B5, respectivamente. As figuras 4.1 a 4.8 mostram os gráficos com os valores reais da série de sensação térmica em azul e em vermelho a previsão.

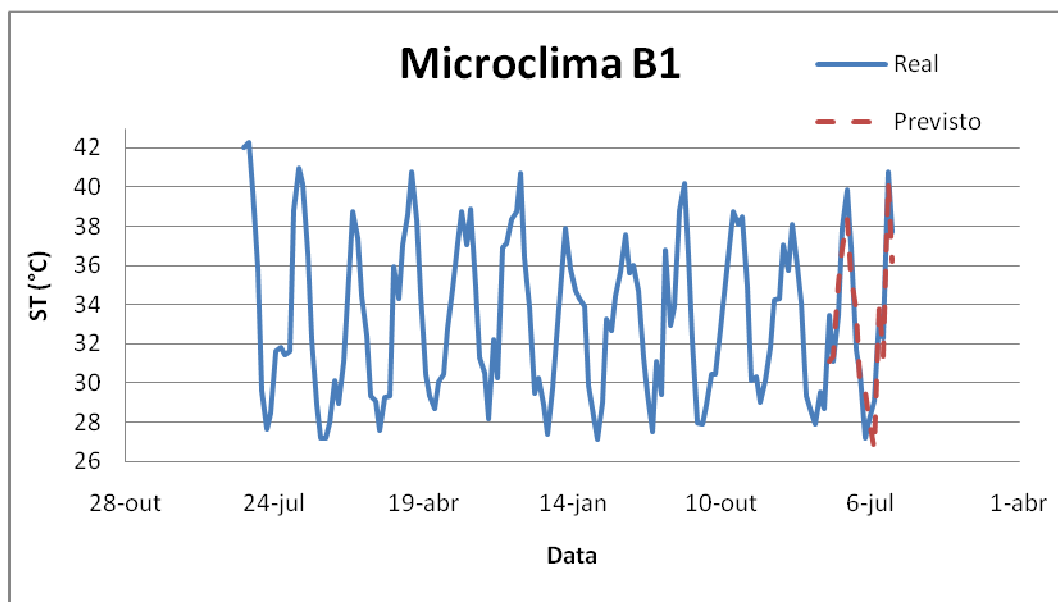


Figura 4.1: Série e previsão do microclima Bairros 1 (B1)

Pode-se observar, na figura 3.2, que a curva de temperatura desse microclima é bem definida, com os bairros apresentando o mesmo comportamento climático, onde a sensação térmica do verão chega quase a 40°C e no inverno a temperatura cai abaixo de 30°C. Esse microclima é composto por bairros localizados no norte do município e apresentam as mesmas características de relevo, contribuindo assim para homogeneidade da curva de sensação térmica. Esses fatores somados a baixa quantidade de outliers contribuíram para o bom resultado desta previsão.

A previsão do microclima B2 apresentou um MAPE maior que a anterior, pois este microclima é composto por bairros de regiões diferentes do município do Rio de Janeiro, isto é, alguns desses bairros recebem a influência dos ventos provenientes do mar, fazendo com que sua sensação térmica seja um pouco mais baixa do que as temperaturas do centro do Município, onde existem muitos prédios e há uma diminuição no fluxo dos ventos, aumentando assim a sensação térmica da região. Um exemplo de bairro neste microclima que recebe a influência dos ventos do mar é a Barra da Tijuca e o outro extremo, é o Estácio. Na figura 3.3, pode-se observar a existência de 2 “blocos de curvas”, onde uma apresenta uma sensação térmica máxima acima de 35°C e o outro um pouco abaixo de 35°C.

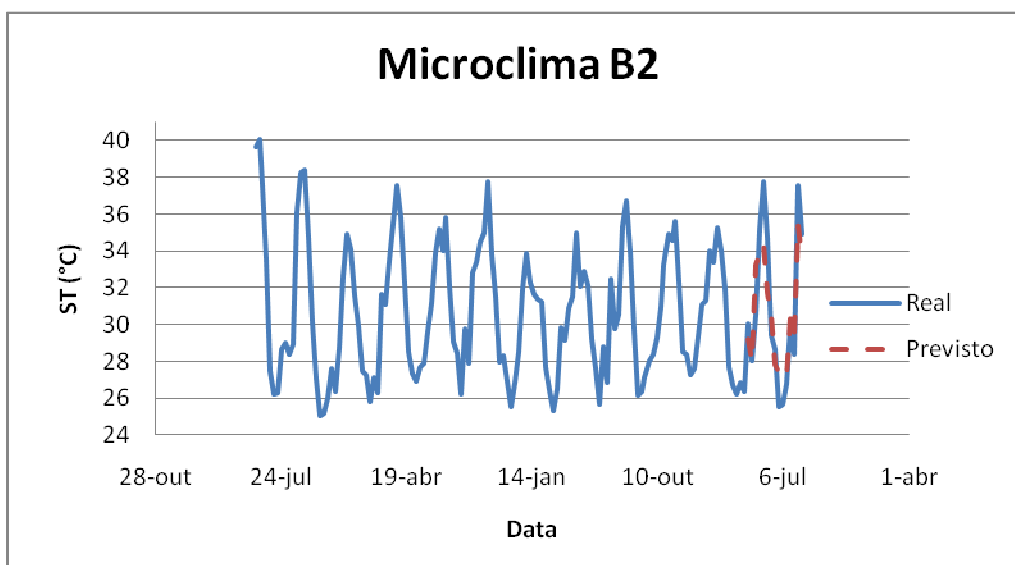


Figura 4.2: Série e previsão do microclima Bairros 2 (B2)

Na figura 4.3 mostra a série do microclima Bairros 3 (B3) e sua previsão.

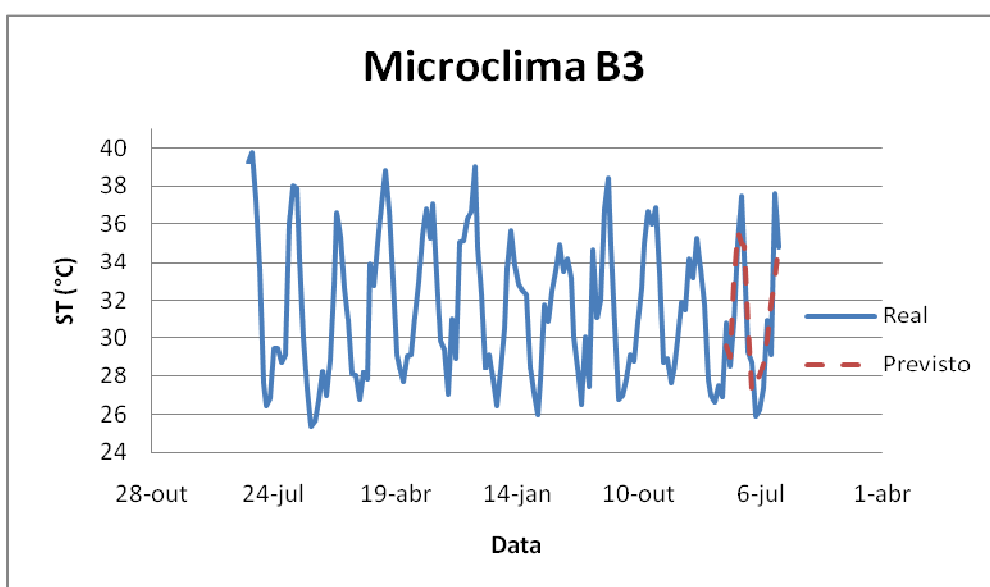


Figura 4.3: Série e previsão do microclima Bairros 3 (B3)

Este microclima apresentou uma boa previsão para 15 meses a frente, mas a influência do fenômeno El Niño prejudicou a previsão do inverno de 2009.

A previsão para o microclima B4, vista em vermelho na figura 4.4, foi prejudicada, pois as características climáticas do Alto da Boa Vista diferem dos demais bairros. O bairro do Alto da Boa Vista registra as menores temperaturas do Município de Rio de Janeiro, sendo que no inverno, elas caem para baixo de 11°C. Este clima ameno, em comparação com restante da cidade se deve, tanto ao fato de estar situado a uma altitude média de 300 metros acima do mar, quanto ao fato de estar totalmente cercado pela Mata Atlântica. Optou-se em

prejudicar um pouco o desempenho desta rede ao invés de aumentar o número de microclimas e conseqüentemente o número total de previsões. Essa previsão apresentou o maior erro (MAPE).

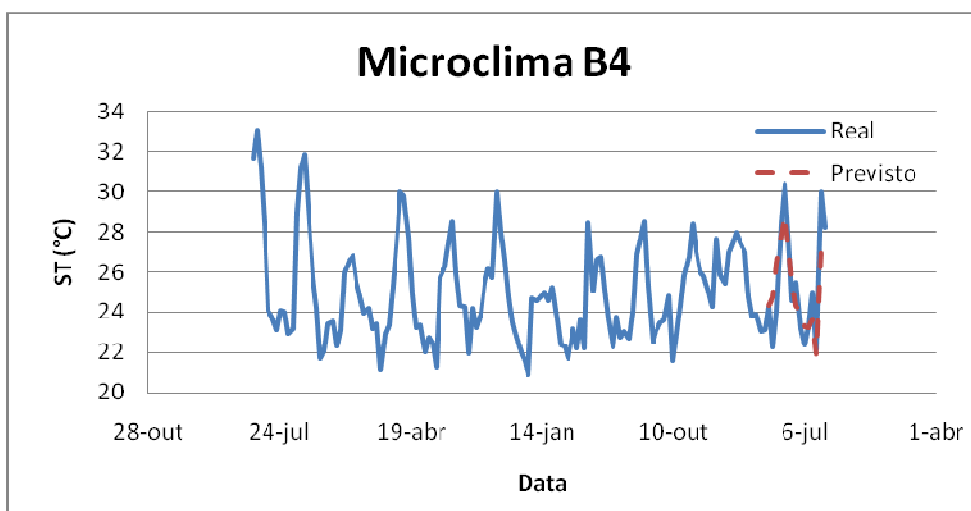


Figura 4.4: Série e previsão do microclima Bairros 4 (B4)

Na figura 4.5 mostra a série do microclima Bairros 5 (B5) e sua previsão. Este microclima é composto, em sua maioria, por bairros que estão localizados longe do litoral. Nesses bairros as residências estão dando lugar aos edifícios, iniciando um processo de verticalização. Essa situação aumenta a superfície de absorção de calor, aumenta a superfície impermeabilizada fazendo com que a água escoe mais rapidamente, diminuindo a umidade do ar, a evaporação, a transpiração, o que faz sobrar energia para o aquecimento. A verticalização provoca ainda o aumento do tráfego e conseqüentemente da poluição.

Essas alterações urbanas provocam grandes variações na temperatura e na umidade do ar interferindo nos resultados da previsão.

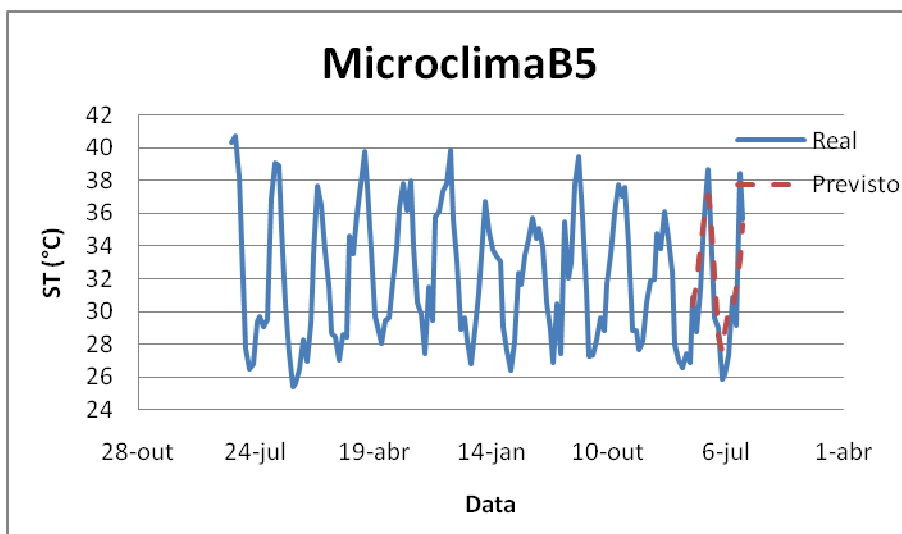


Figura 4.5: Série e previsão do microclima Bairros 5 (B5)

Na figura 4.6 mostra a série do microclima Bairros 6 (B6) e sua previsão.

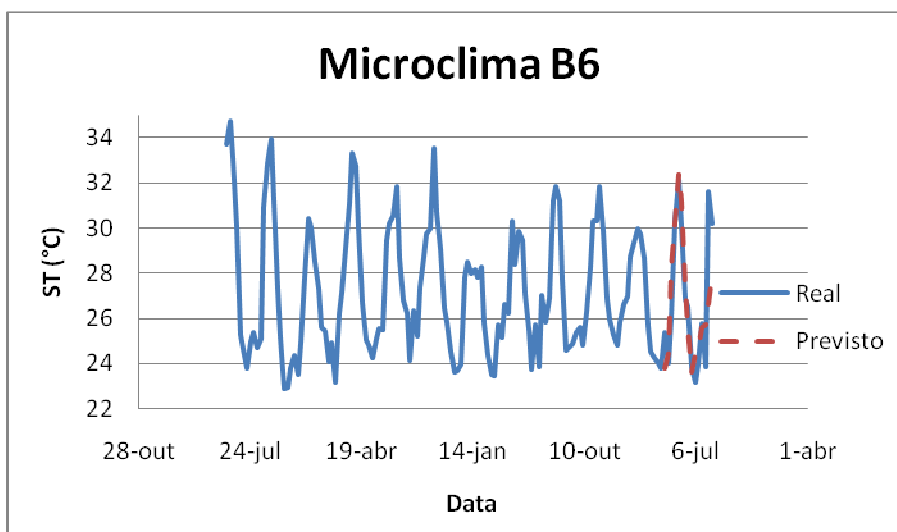


Figura 4.6: Série e previsão do microclima Bairros 6 (B6)

Neste microclima estão os bairros do litoral do Município do Rio de Janeiro. A variação da temperatura é de quase 10°C. A sensação climática nesses bairros é mais amena, em virtude dos ventos provenientes do mar. Em 2009 essa região sofreu a influência do fenômeno El Niño, interferindo no resultado final da previsão.

Na figura 4.7 mostra a série do microclima Bairros 7 (B7) e sua previsão. A maioria dos bairros desse microclima recebe influência dos ventos provenientes do mar. Alguns desses bairros pertencem a regiões com grande área verde, com muita natureza em volta, fazendo que a sensação térmica fique mais amena. Deve-se observar que o crescimento desorganizado dessas regiões irá influenciar diretamente nos resultados da previsão.

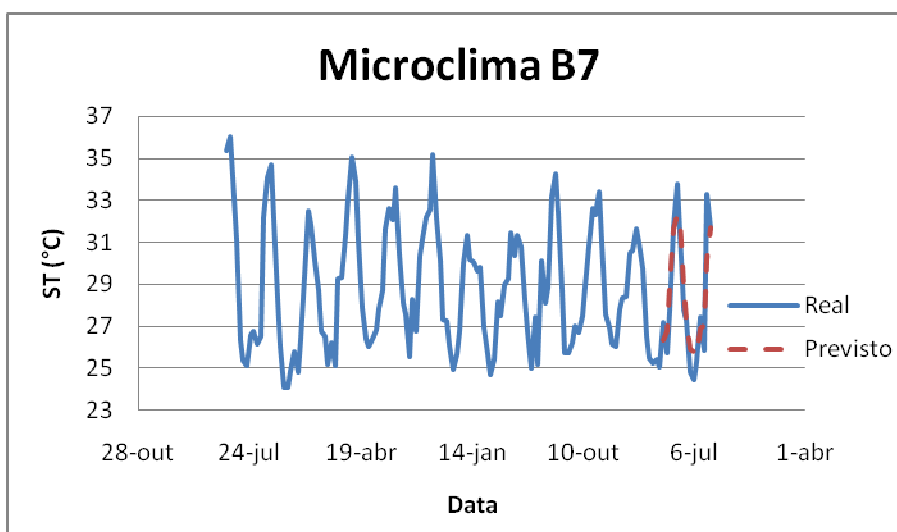


Figura 4.7: Série e previsão do microclima Bairros 7 (B7)

Na figura 4.8 mostra a série do microclima Bairros 8 (B8) e sua previsão.

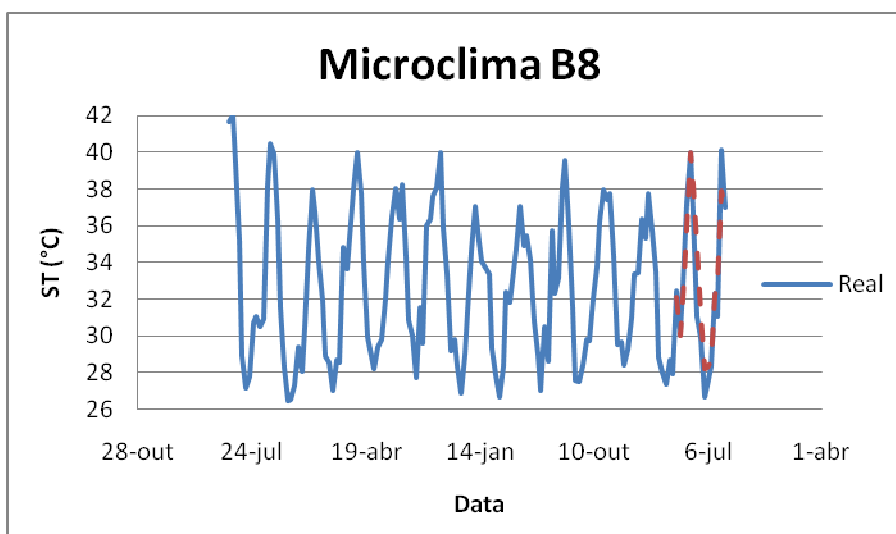


Figura 4.8: Série e previsão do microclima Bairros 8 (B8)

Este microclima apresentou um bom resultado dentro do grupo de bairros. Ele é composto por bairros residenciais e todos estão na zona norte do município do Rio de Janeiro, onde as estações do ano estão bem definidas, facilitando assim o trabalho da rede neural. O seu crescimento rápido e desorganizado pode levar o surgimento de ilhas de calor devido ao surgimento de grandes condomínios residenciais.

Na tabela 4.2 estão as redes que apresentaram o menor erro (MAPE), para uma previsão da sensação térmica 15 passos a frente dos microclimas Municípios. O maior e o menor erro (MAPE) foram encontrados nos microclimas M1 e M6 respectivamente. As entradas mais relevantes para essa previsão foram as SM-12, SM-02 e SM-01 cujas definições são encontradas no capítulo 3.

Microclima	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Neurônios	4	7	8	5	6	8	6	6	6
Entradas	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
	SM-04	SM-04	SM-04						SM-04
	SM-03				SM-03		SM-03	SM-03	
	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02
	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
		MM3		MM3					MM3
				MM2	MM2				
								DM-2	DM-2
	DM-1				DM-1		DM-1	DM-1	
MAPE (%)	6,31	2,81	3,02	3,44	3,3	1,25	2,91	3,8	2,64
Acumulado (° C)	-0,90	-0,79	2,05	-0,30	3,41	6,35	3,07	-1,98	-2,35

Tabela 4.2: Configuração das redes neurais de previsão da série de sensação térmica dos Municípios

As séries de sensação térmica e suas respectivas previsões 15 passos a frente dos microclimas Municipais podem ser vistas nas figuras 4.9 a 4.17.

Na figura 4.9 mostra a série do microclima Municípios 1 (M1) e sua previsão. O resultado dessa previsão pode ter sido prejudicado, pelo fato desse microclima ser composto por 2 Municípios com invernos de características diferentes. As temperaturas no inverno em Itaguaí são menores do que as do município Engenheiro Paulo de Frontin. O município de Itaguaí, pertence ao litoral do Estado do Rio de Janeiro, uma região chamada Costa Verde, de um lado tem-se o mar e do outro um pedaço da Serra do Mar, sendo assim, ele recebe a influência do mar e da Serra. Já o município Engenheiro Paulo de Frontin está localizado na Serra do Mar a 395 m do nível do mar.

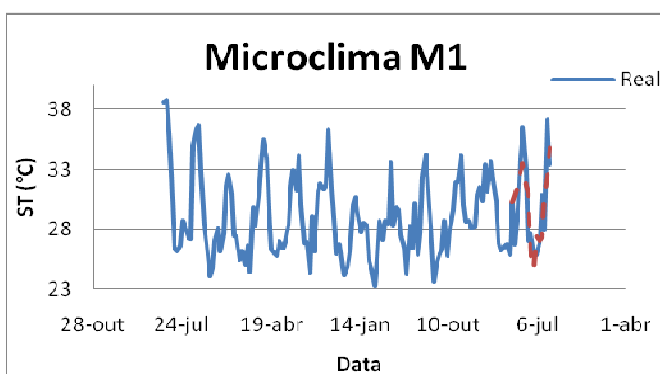


Figura 4.9: Série e previsão do microclima Município 1 (M1)

Na figura 4.10 mostra a série do microclima Municípios 2 (M2) e sua previsão. As características climáticas dos Municípios, que compõem esse microclima são bem parecidas, influenciando o resultado da rede de forma positiva. Esse microclima possui verões e invernos bem definidos, com a sensação térmica variando de 25°C até 35°C.

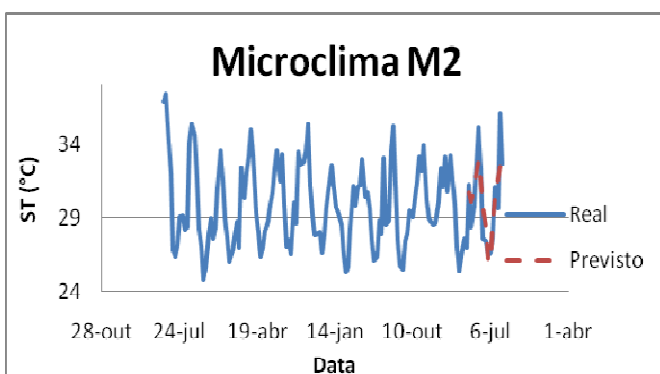


Figura 4.10: Série e previsão do microclima Município 2 (M2)

Na figura 4.11 mostra a série do microclima Municípios 3 (M3) e sua previsão. Como o microclima anterior, este também possui Municípios com

características climáticas semelhantes, apesar de Japeri e Seropédica pertencerem a Baixada Fluminense e Piraí está localizado no Vale do Paraíba do Sul. Os municípios de Japeri e Seropédica estão crescendo como pólo industrial, porém se esse crescimento for feito de forma desordenada as características climáticas serão alteradas, fazendo com que o resultado dessa rede fique pior com o passar do tempo.

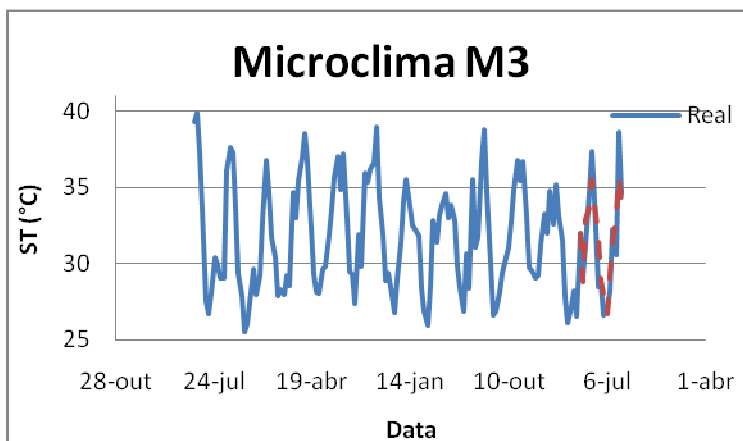


Figura 4.11: Série e previsão do microclima Município 3 (M3)

Na figura 4.12 mostra a série do microclima Municípios 4 (M4) e sua previsão. As sensações térmicas dos Municípios pertencentes a este microclima diferem no verão, onde a temperatura de Pinheiral é menor do que Barra do Piraí, apesar de pertencerem a mesma região, o Sul Fluminense. Os dois Municípios pertencem ao mesmo clima, o Tropical de Altitude, mas por um possuir uma área de vegetação maior do que o outro pode ter ocasionado essa diferença, explicando assim uma piora no resultado da rede neural.

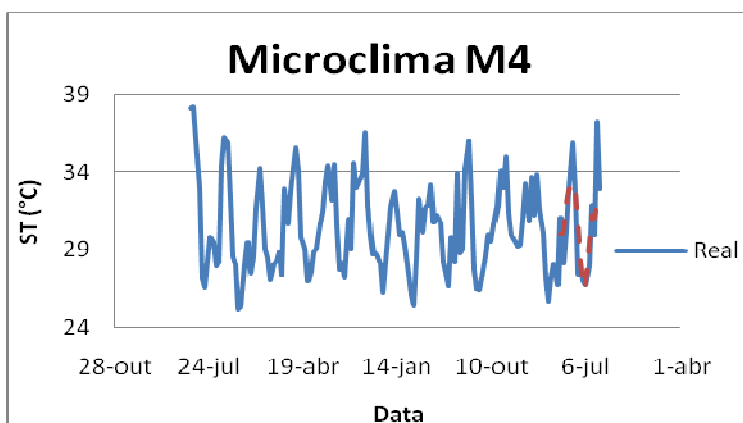


Figura 4.12: Série e previsão do microclima Município 4 (M4)

O microclima M5 é composto por Municípios de ocupação turística, onde o aumento de sua carga acontece em datas específicas, como: Festa do Tomate em Paty do Alferes. O resultado de sua previsão pode ser visto na figura 4.13.

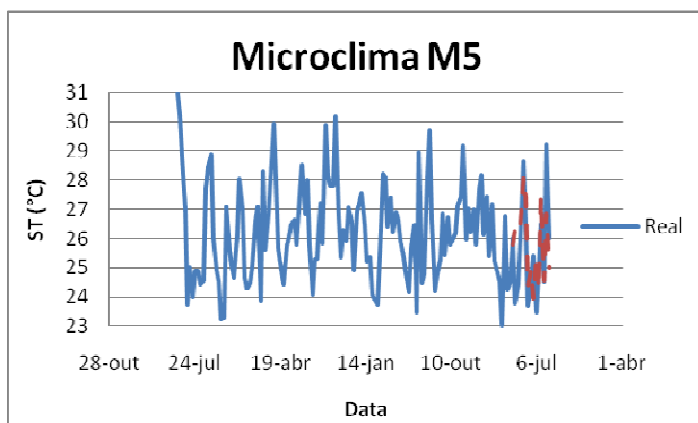


Figura 4.13: Série e previsão do microclima Município 5 (M5)

Na figura 4.14 mostra a série do microclima Municípios 6 (M6) e sua previsão. Os municípios desse microclima apresentam uma pequena variação na sensação térmica durante o ano, apenas 5°C. Eles estão localizados na mesma área, Sul Fluminense. Somente o Município de Rio Claro apresentou uma sensação térmica menor no inverno, saindo um pouco do padrão apresentado pelos outros. Isso pode ter influenciado o resultado da previsão.

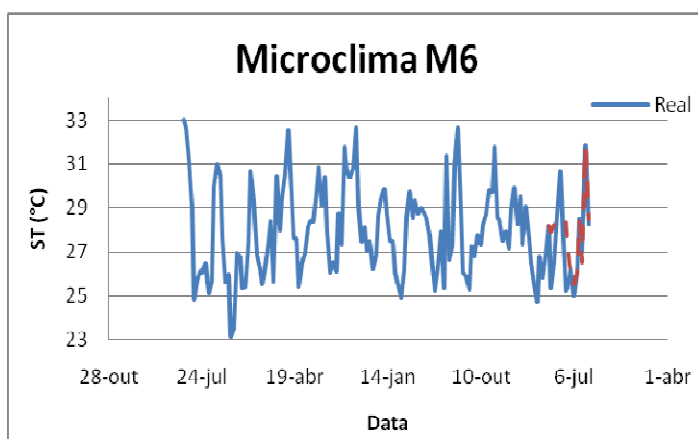


Figura 4.14: Série e previsão do microclima Município 6 (M6)

Na figura 4.15 mostra a série do microclima Municípios 7 (M7) e sua previsão. Esse microclima apresenta sensações térmicas altas, pois é composto por Municípios que estão longe do mar, pertencentes a baixada fluminense. Nesse microclima domina o clima tropical semi-úmido com chuvas abundantes no verão e inverno secos. Nessa microclima há uma grande concentração de indústrias, que pode aumentar ainda mais a temperatura da região através de uma modificação da composição química da atmosfera como resultado de poluentes emitidos na atmosfera, das chaminés de casas e fábricas, indústrias e dos escapamentos dos automóveis que trafegam nas ruas das cidades. As partículas de poeira, fumaça, ozônio e bióxido de carbono influenciam o balanço

energético das superfícies urbanas, uma vez que podem refletir e difundir a radiação (partículas de fumaças) ou absorver a radiação (ozônio e bióxido de carbono). Isso pode, no futuro, influenciar nos resultados da previsão.

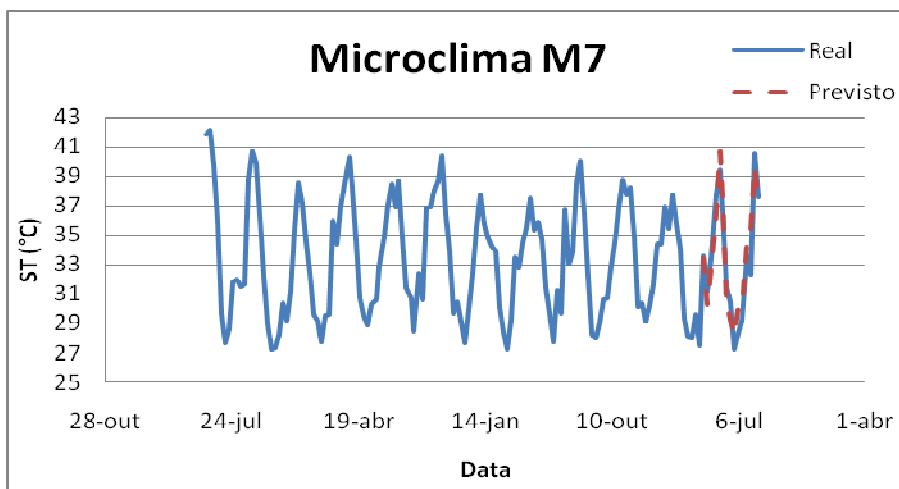


Figura 4.15: Série e previsão do microclima Município7 (M7)

Na figura 4.16 mostra a série do microclima Municípios 8 (M8) e sua previsão. Os Municípios que compõem esse microclima possuem as mesmas características no verão, porém isso não acontece no inverno. O Município de Quatis apresenta uma sensação térmica maior do que os outros Municípios. O resultado da rede pode ter sido prejudicado por essa diferença da sensação térmica, mas optou-se em mantê-los juntos, pois o prejuízo causado por mais um microclima seria maior.

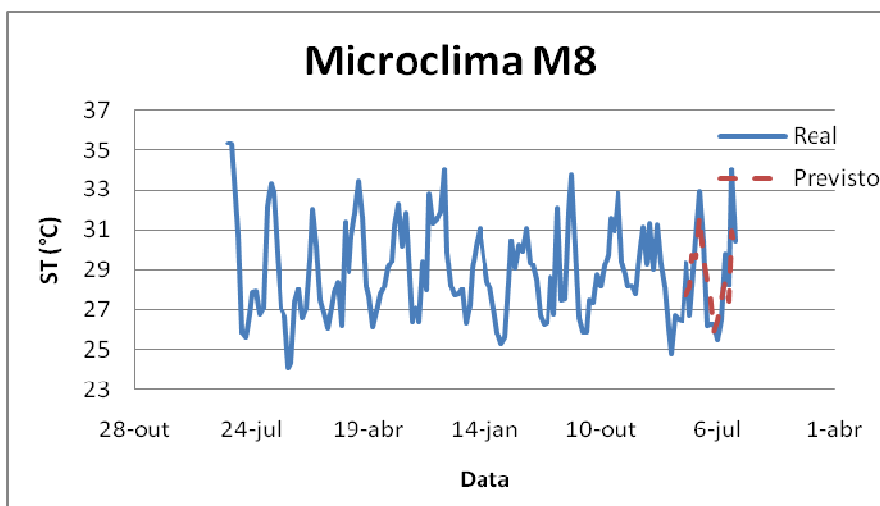


Figura 4.16: Série e previsão do microclima Município8 (M8)

Na figura 4.17 mostra a série do microclima Municípios 9 (M9) e sua previsão. Essa previsão apresentou o melhor resultado entre todas as previsões

de sensação térmica. Os Municípios deste microclima possuem curvas de sensações térmicas muito semelhantes, ajudando assim o resultado da previsão.

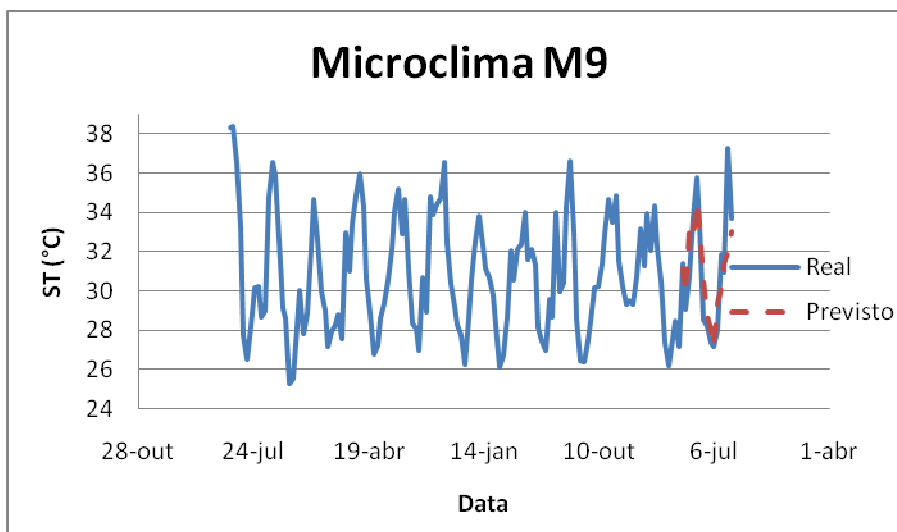


Figura 4.17: Série e previsão do microclima Município9 (M9)

4.2 Previsão das Séries Econômicas

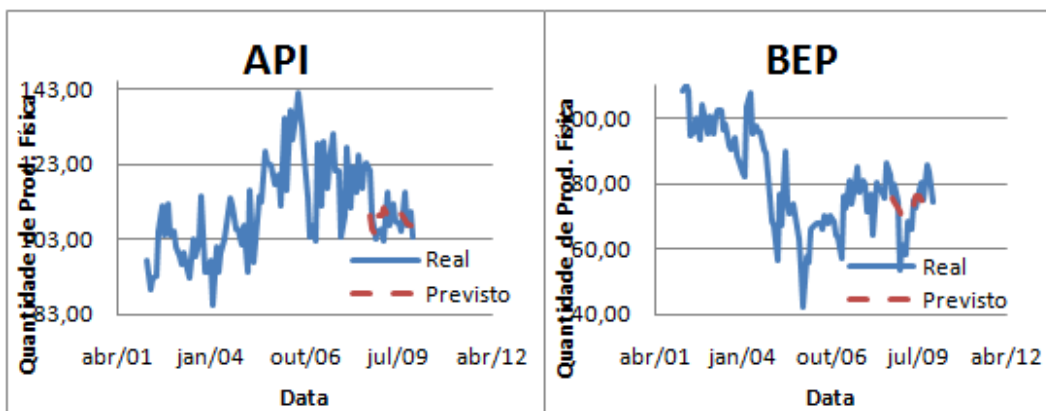
De modo a conseguir o menor erro (MAPE), utilizou-se o mesmo procedimento adotado para as séries de sensação térmica e as configurações das redes serão apresentadas na tabela 4.3.

Séries	API	BEP	BPF	FPQF	ITSA	IOPC	OPC	IVRN	VCV
Neurônios	5	3	6	3	5	3	3	3	3
Entradas	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12
	MM-3				MM-3	MM-3		MM-3	
		T-06	T-06		T-06		T-06		
	T-03		T-03	T-03	T-03				T-03
	T-02	T-02			T-02				
		T-01	T-01	T-01	T-01	T-01	T-01	T-01	T-01
	(T-01)-(T-02)		(T-01)-(T-02)	(T-01)-(T-02)		(T-01)-(T-02)			
						(T-01)-(T-12)		(T-01)-(T-12)	
MAPE	2,76	4,88	10,72	2,47	4,21	6,49	1,59	2,39	0,89

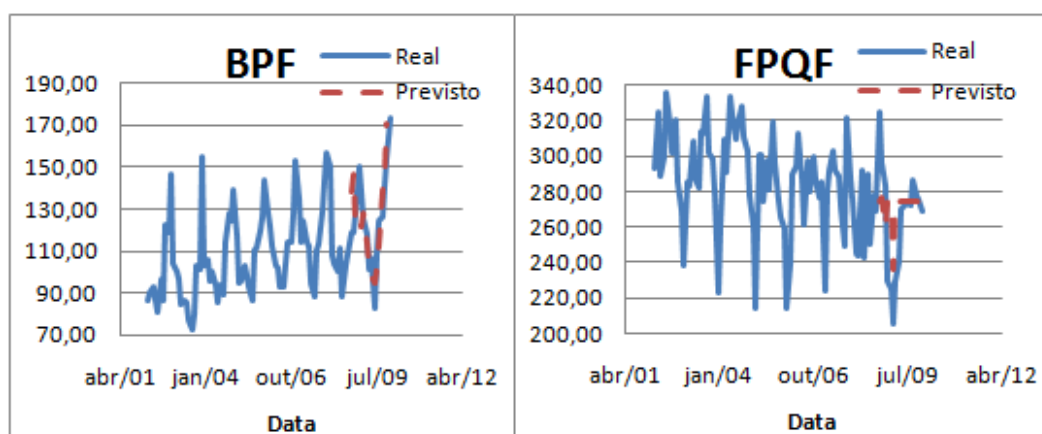
Tabela 4.3: Configuração das redes neurais para a previsão das séries econômicas.

Pode-se observar que o valor do mês correspondente ao ano anterior da previsão 1 mês a frente foi utilizado em todas as redes, sendo assim de grande

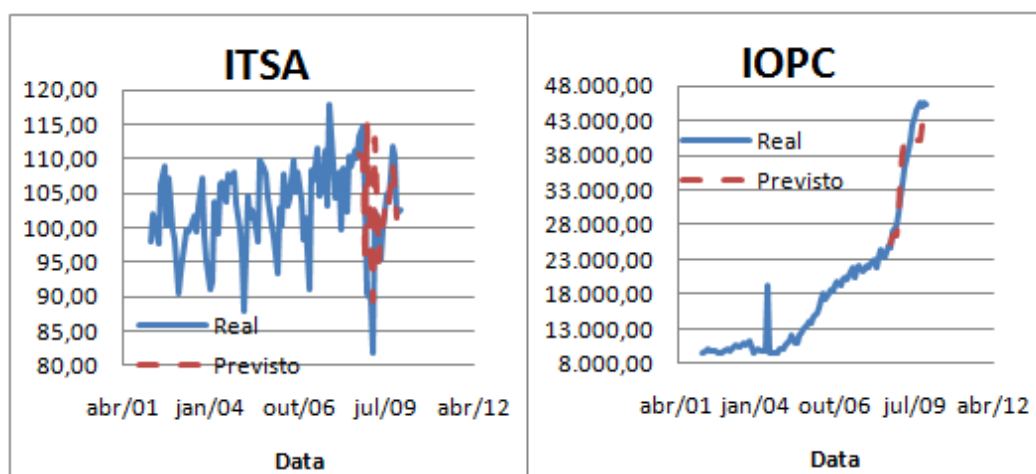
influência na previsão 15 meses a frente. A comparação entre a previsão e o real pode ser visto na figuras 4.18 a 4.26, onde o eixo Y representa a quantidade de produção física. Nas figuras 4.23 e 4.24 o eixo Y representa R\$ Milhões.



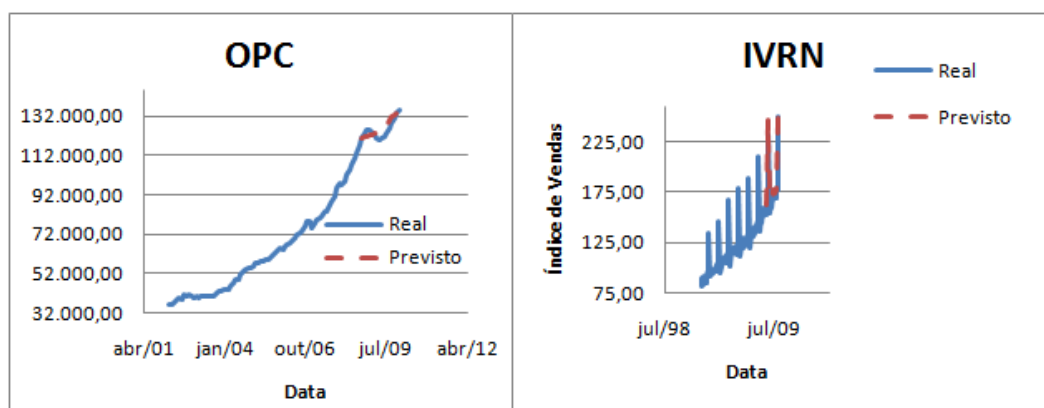
Figuras 4.18 e 4.19 – Resultados das previsões das séries API e BEP, respectivamente.



Figuras 4.20 e 4.21 – Resultados das previsões das séries BPF e FPQF, respectivamente.



Figuras 4.22 e 4.23 – Resultados das previsões das séries ITSA e IOPC



Figuras 4.24 e 4.25 – Resultados das previsões das séries OPC e IVRN, respectivamente.

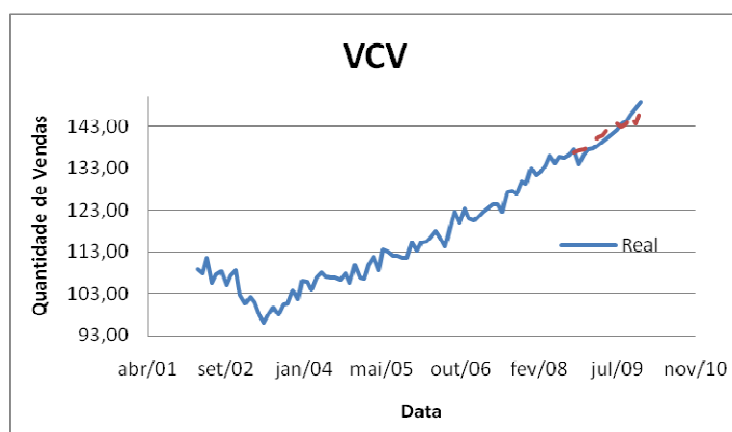


Figura 4.26 – Resultado da previsão da série VCV

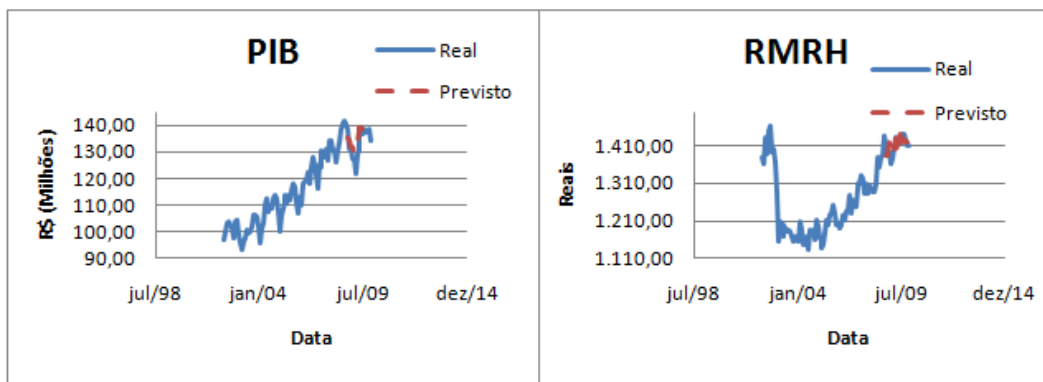
A tabela 4.4 mostra as configurações das redes neurais utilizadas para prever o restante dos índices financeiros.

Séries	PIB	RMRH	CBN	ICVG	OPCRF	OPCRH	OPCPP	OPC Rural
Neurônios	3	1	5	2	2	3	3	3
Entradas	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12
			MM-3		MM-3	MM-3		
				T-06		T-06	T-06	T-06
	T-03		T-03				T-03	
		T-02		T-02	T-02			
	T-01	T-01	T-01	T-01	T-01	T-01	T-01	T-01
		(T-01)-(T-02)		(T-01)-(T-02)			(T-01)-(T-02)	
MAPE	1,74	0,72	1,82	19,45	1,11	2,62	4,07	0,38

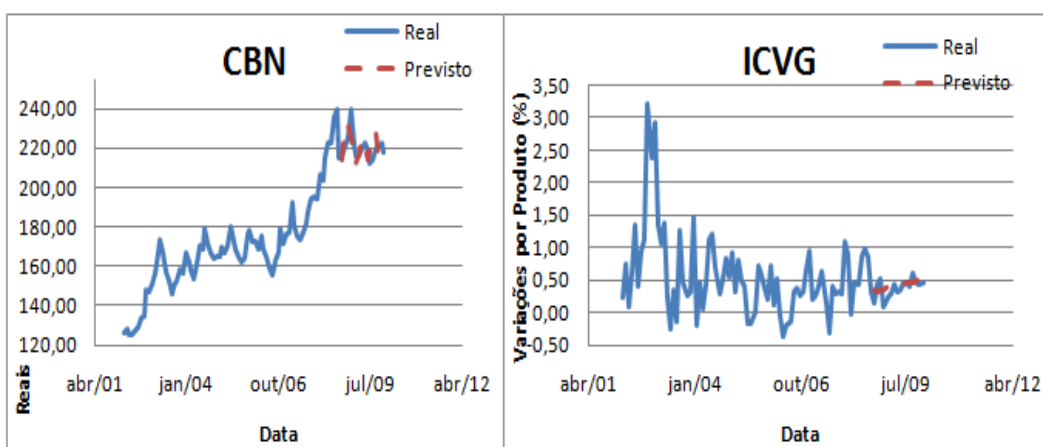
Tabela 4.4: Configuração das redes neurais para a previsão das séries econômicas.

Pode-se observar que o valor do mês correspondente ao ano anterior e o mês anterior ao mês que se deseja prever, nesse caso será considerada uma previsão 1 mês a frente, foram utilizados em todas as redes, sendo assim de

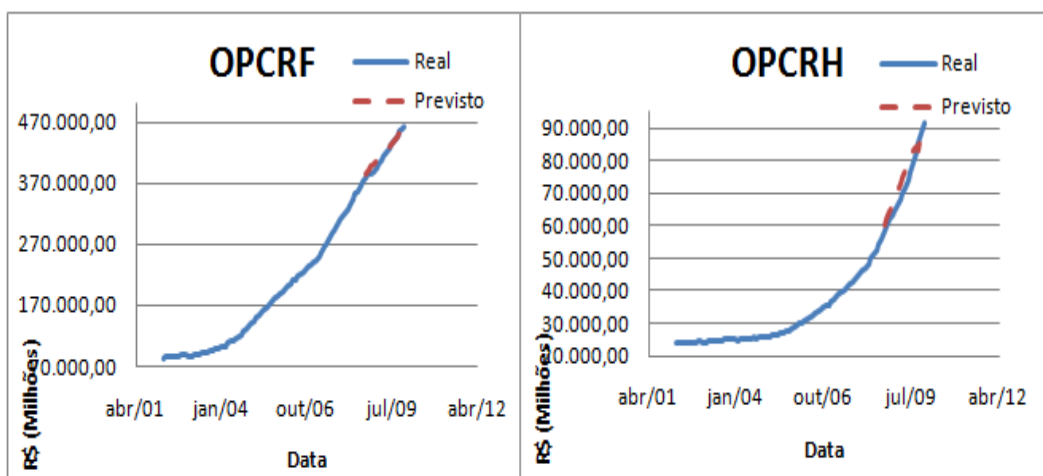
grande influência na previsão 15 meses a frente. A comparação entre a previsão e o real pode ser visto na figuras 4.27 a 4.34.



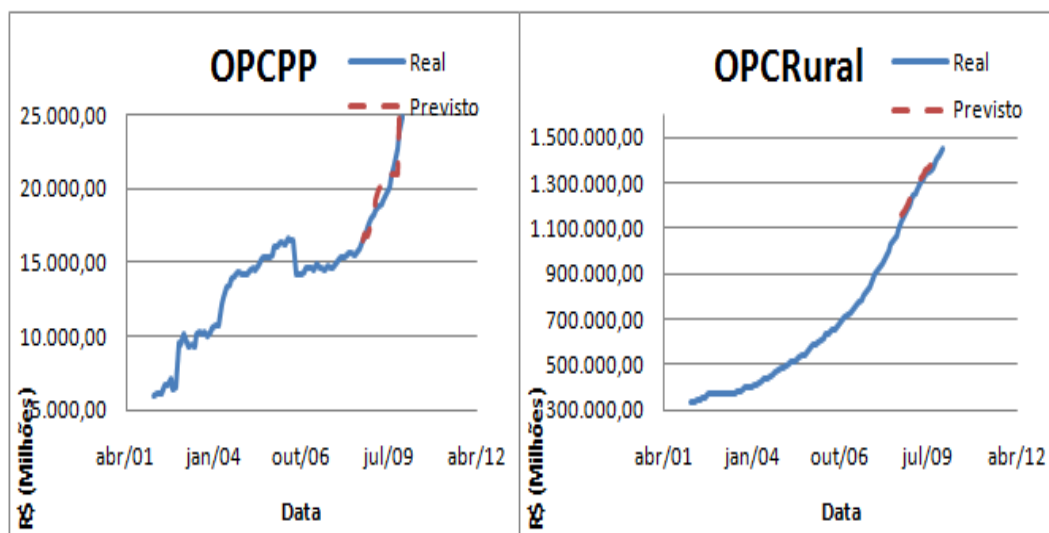
Figuras 4.27 e 4.28 – Resultados das previsões das séries PIB e RMRH, respectivamente.



Figuras 4.29 e 4.30 – Resultados das previsões das séries CBN e ICVG



Figuras 4.31 e 4.32 – Resultados das previsões das OPCRF e OPCRH, respectivamente.



Figuras 4.33 e 4.34 – Resultados das previsões das séries OPCPP e OPCRural, respectivamente.

Os resultados de previsão obtidos para as séries econômico-financeiros apresentaram em alguns casos problemas tais como: a série apresentou um comportamento diferente do histórico recente (antes da previsão) modificando a taxa de crescimento da série de forma bastante pronunciada; série com tendência crescente nos últimos anos, porém no período de previsão a rede se mostra sem tendência; série com saltos não sazonais. Esses problemas tendem a dificultar o processo de aprendizado, o que pode resultar em erros maiores de previsão.

4.3 Previsão da Série de Carga

A previsão de carga foi feita de 3 maneiras diferentes:

1. Previsão da carga total usando somente os valores da série de faturamento com a substituição dos outliers.
2. Previsão da carga total utilizando a série de faturamento como também o índice térmico.
3. Previsão por microclima onde os outliers foram substituídos.

4.3.1 Previsão da carga total da Concessionária.

Neste caso, os outliers foram substituídos pela média dos meses anterior e posterior. Nessa previsão, não consideramos a temperatura, somente a série de carga da Concessionária. A série é composta por 99 dados, compreendendo ao período de abril/2002 até junho/2010 e estes foram obtidos através de

medições instaladas nas Subestações da Concessionária. Essa previsão já foi feita em outros trabalhos (LEONE FILHO, 2006; CAMPOS, 2008), sendo assim, seu resultado será comparado com o do item abaixo, para verificar a importância da sensação térmica no mercado consumidor dessa Concessionária.

4.3.2 Previsão da carga total utilizando o índice térmico.

A série de carga utilizada foi a mesma do item anterior, porém neste caso utilizou-se também um índice térmico. Esse índice foi calculado através da carga e da sensação térmica. Esse índice leva em consideração a divisão por microclimas e a sua parcela de contribuição na carga total da Light. Para chegar nesse índice, os cálculos foram feitos tomando-se como base a carga medida em 2009. Calcula-se primeiro o percentual de contribuição da carga de cada microclima, para depois multiplicá-lo a sensação térmica do respectivo microclima.

$$CM = \frac{cm}{CT} \quad (eq.1)$$

$$IT = CM \times ST \quad (eq.2)$$

Onde:

cm – Contribuição Mensal da carga de cada microclima;

CT – Carga Mensal de todos os microclima;

CM – Percentual de contribuição de carga de cada microclima;

ST – Sensação Térmica de cada microclima;

IT – Índice Térmico.

Cabe ressaltar que foram calculadas 2 cargas totais, uma somando a carga de todos os microclimas de bairros e outra somando a carga dos microclimas de Municípios.

Pode-se verificar que o erro encontrado nessa previsão foi menor do que a do item anterior, pois a inclusão do índice térmico melhorou o desempenho da rede, mostrando a grande influência dos fatores climáticos no consumo de energia elétrica.

4.3.3. Previsão da Carga por microclima

A previsão por microclima, também foi feita substituindo os outliers pela média dos valores dos meses anterior e posterior. Na tabela 4.5 pode-se observar as entradas e a quantidade de neurônios na camada escondida desta previsão nos microclimas de bairros.

Microclima		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Neurônios		4	3	4	4	4	5	6	5
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X		X		X
	Dias Úteis					X		X	
	Índices Financeiros		OPCPP	PIB e OPCPP	API	OPCPP		OPCPP	RMRH
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
			MM-3	MM-3	MM-3		MM-3		
			MM-2	MM-2	MM-2	MM-2			MM-2
			SM-3		SM-3	SM-3		SM-3	
		SM-2	SM-2	SM-2	SM-2	SM-2	SM-2	SM-2	SM-2
		SM-1	SM-1	SM-1	SM-1	SM-1	SM-1	SM-1	SM-1
					DM-1				
MAPE (%)		4,20	4,72	5,95	31,56	5,36	4,52	3,57	2,85
Acumulado (MWh)		-31490,90	17005,92	18320,83	-118618,17	46012,40	-15903,00	16597,13	59599,05

Tabela 4.5: Informações sobre as redes utilizadas nos microclimas de Bairros.

Pode-se observar que as combinações da série de carga SM-12, SM-02 e SM-01 exercem grande influência na previsão de 15 passos a frente, pois elas estão presentes em todas as redes utilizadas e também que a maioria dos microclimas utilizou a sensação térmica como entrada, somente os B5 e B7 não a utilizaram. O resultado da previsão da sensação térmica destes microclimas não foi bom, em virtude de influências externas (crescimento desordenado das regiões), mencionado anteriormente.

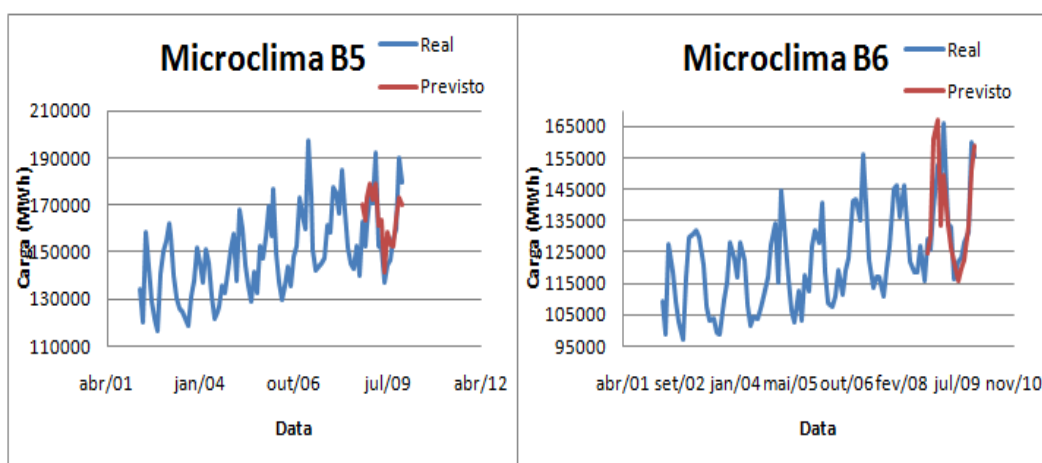
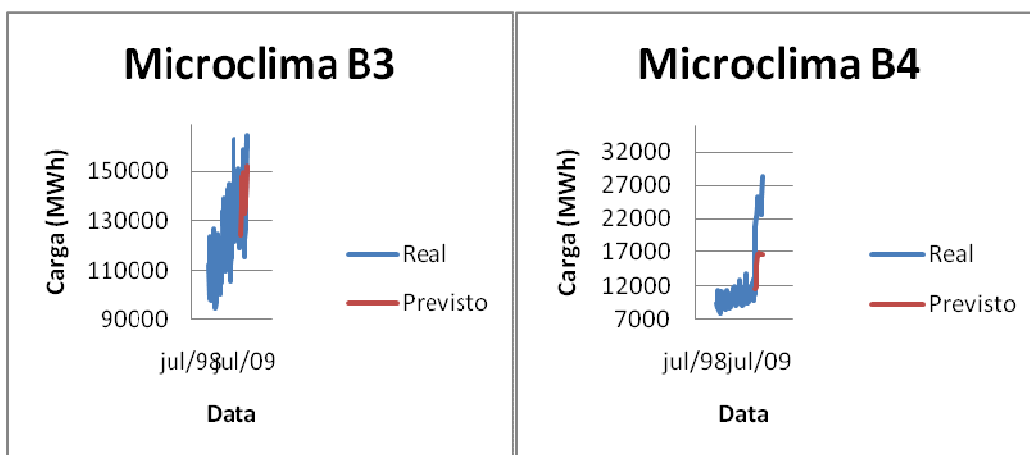
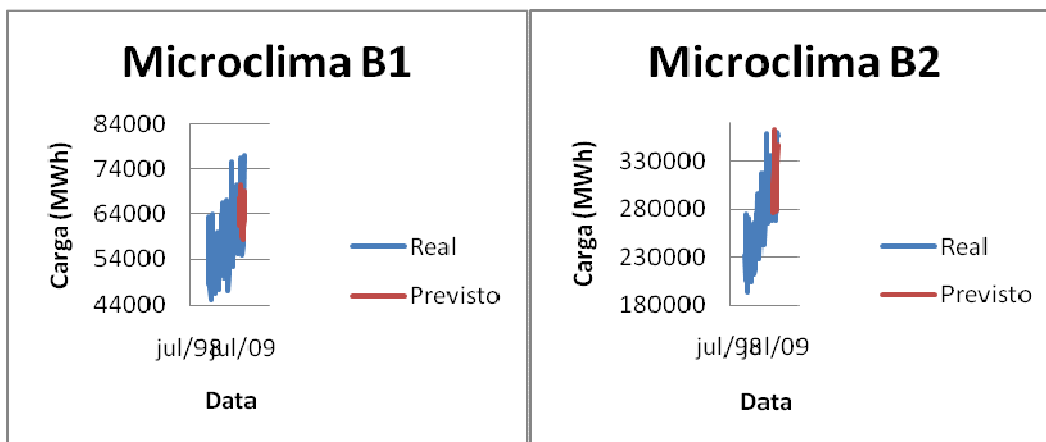
Com relação aos erros encontrados, pode-se verificar que somente três microclimas, B4, B6 e B7 apresentaram um MAPE maior que 3.

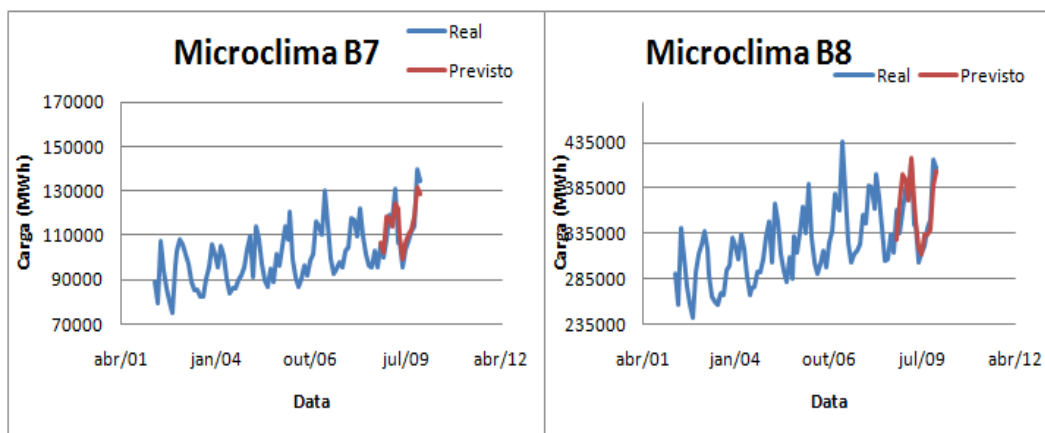
Os bairros pertencentes ao microclima B4 possuem características de relevo e clima diferentes. Essas diferenças prejudicam a previsão da sensação térmica, conseqüentemente a de carga.

A rede utilizada na previsão do microclima B6 apresentou o pior resultado e utilizou, além da série de carga, os dados de sensação térmica. Os bairros pertencentes a este microclima sofrem grande influência de fatores climáticos, como El Niño e La Niña, pois estão localizados no litoral, prejudicando assim, o resultado desta previsão.

O melhor resultado obtido foi no microclima B2, onde se utilizou a sensação térmica como atributo de entrada, mostrando, mais uma vez, que os fatores climáticos têm grande influência no consumo de energia elétrica.

Os gráficos dos resultados obtidos podem ser visto nas figuras 4.35 a 4.42.





Figuras 4.41 e 4.42: Previsões de carga dos Microclimas B7 e B8, respectivamente.

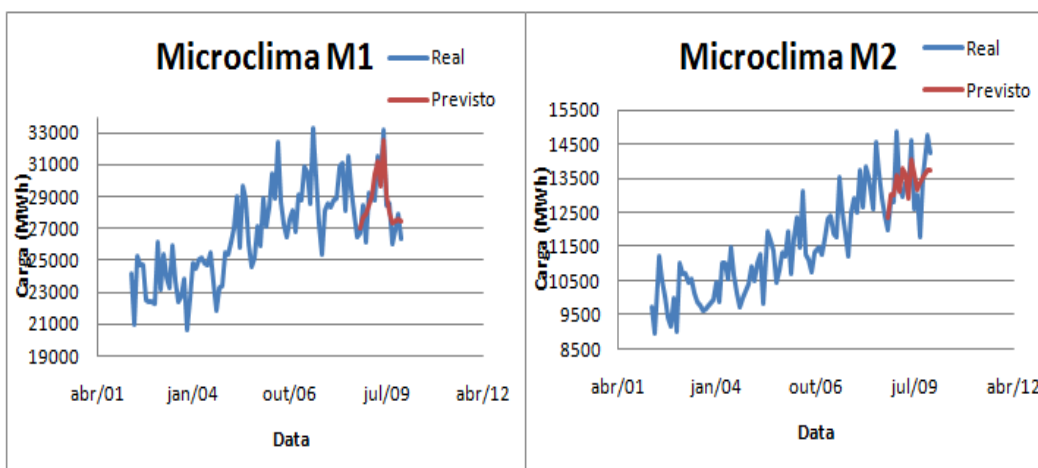
Já as características das redes utilizadas na previsão dos microclimas dos Municípios podem ser vistas na tabela 4.6.

Microclima		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
Neurônios		5	5	4	4	4	5	3	3	4	
Entradas	Sensação Térmica					X	X				
	Dias Úteis				X						
	Índices Financeiros	PIB	PIB e OPCPP	RMRH e OPCPP	PIB		PIB	API e OPCPP	API e OPRural	RMRH e OPCPP	
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
			SM-03	SM-03	SM-03		SM-03				SM-03
		SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02	SM-02
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
		MM3				MM3		MM3	MM3		
				MM2	MM2	MM2		MM2		MM2	
DM-1		DM-1		DM-1	DM-1		DM-1				
MAPE (%)		2,14	3,1	1,11	1,98	5,71	1,56	3,59	2,91	0.90	
Acumulado (MWh)		3545,11	852,97	-1812,14	-268,72	1341,40	-2418,01	19889,84	-1732,54	83,84	

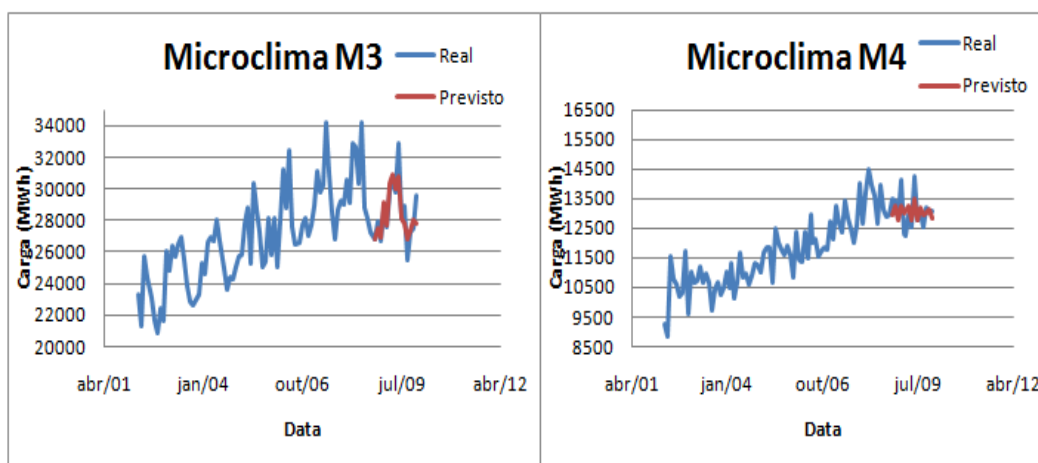
Tabela 4.6: Informações sobre as redes utilizadas nos microclimas de Municípios.

Para essa previsão, a sensação térmica foi utilizada como atributo de entrada, somente nas redes dos microclimas M5 e M6. Sendo que o microclima M5 apresentou o pior resultado. O microclima M5 é composto por Municípios onde a ocupação urbana teria como vetor principal o turismo de veraneio, sendo que essa ocupação é feita em períodos diferentes. Já o melhor resultado ficou com o microclima M9 que é composto por 2 Municípios com grandes indústrias siderúrgicas que dependem muito mais dos fatores econômicos do que dos climáticos.

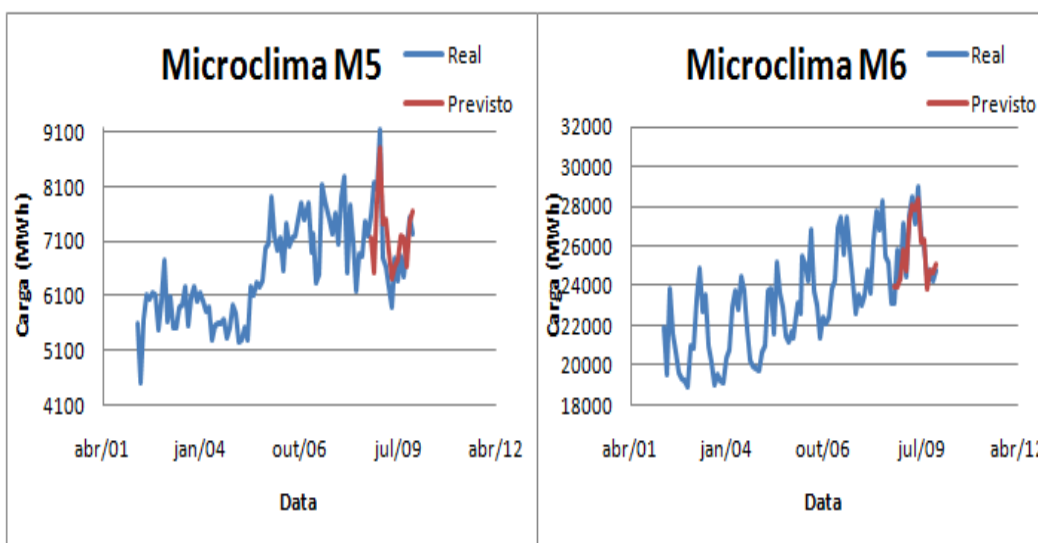
Podem-se observar os resultados dessas redes nas figuras 4.43 a 4.51.



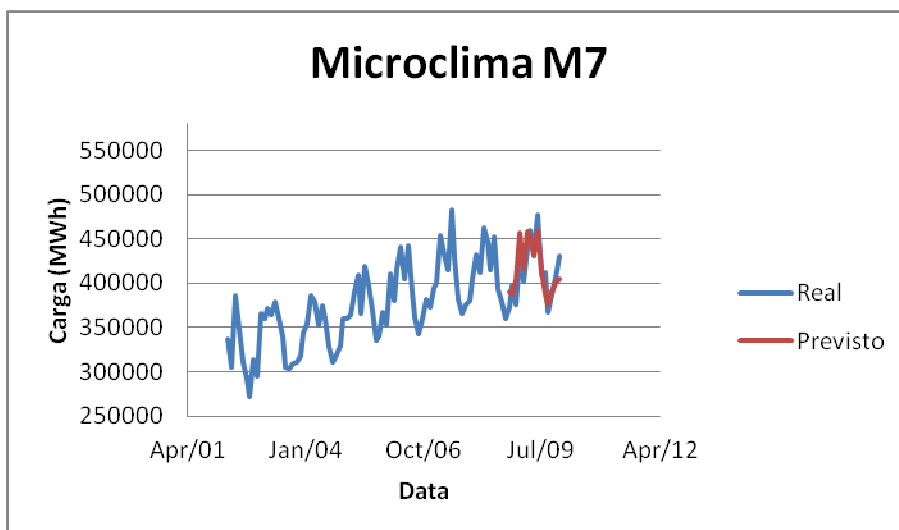
Figuras 4.43 e 4.44: Previsões de carga dos Microclimas M1 e M2, respectivamente.



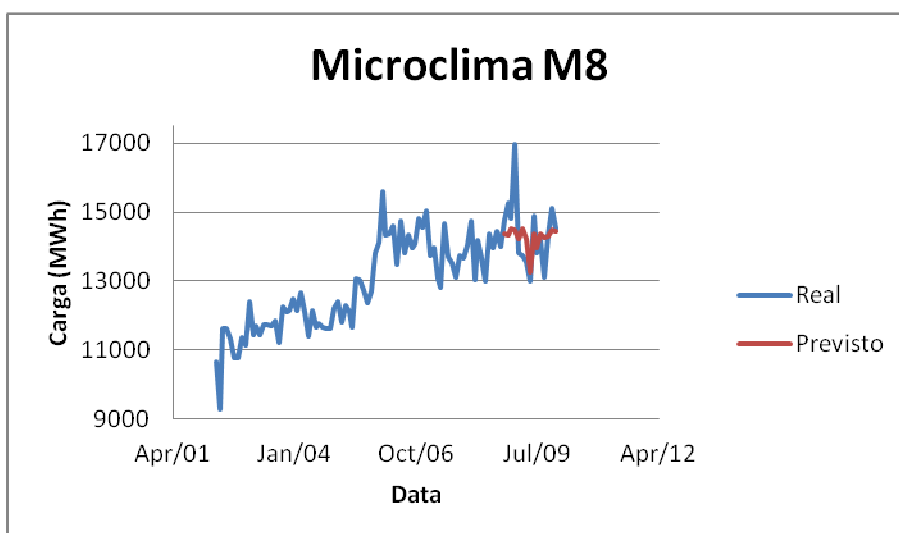
Figuras 4.45 e 4.46: Previsões de carga dos Microclimas M3 e M4, respectivamente.



Figuras 4.47 e 4.48: Previsões de carga dos Microclimas M5 e M6, respectivamente



Figuras 4.49: Previsão de carga dos Microclima M7



Figuras 4.50: Previsão de carga dos Microclima M8

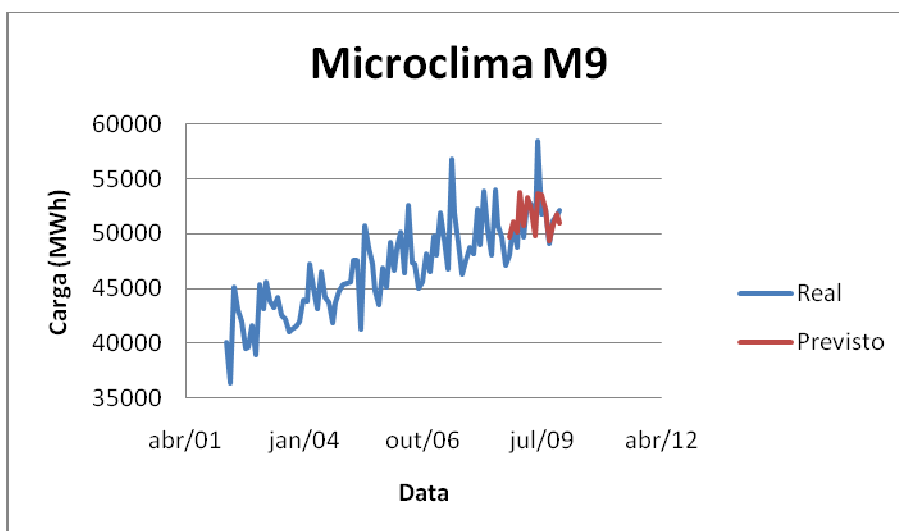


Figura 4.51: Previsão de carga do Microclima M9

4.4. Previsão da Série de Faturamento

A previsão do faturamento foi feita de 3 maneiras diferentes:

1. Previsão do faturamento total usando somente os valores da série de faturamento e considerando todos os outliers como valores normais.
2. Previsão do faturamento total utilizando a série de faturamento como também o índice térmico.;
3. Previsão por microclima e por classe considerando os outliers como valores da série

4.4.1. Previsão do Faturamento Total da Concessionária

Nesta previsão consideramos todos os outliers, isto é, a série só foi “encaixotada”, não recebeu nenhum tratamento além desse. Os outliers foram considerados, pois estes podem não representar apenas erros de digitação na hora de efetuar a leitura, como também problemas de medição do consumo e conseqüentemente, problemas de faturamento. Problemas de medição influenciam diretamente no faturamento da Concessionária, tornando os outliers, valores reais. A previsão foi feita por classes, isto é, a série com o faturamento total da Concessionária foi dividida em classes (residencial, comercial, industrial, rural, poder público, consumo próprio e serviço público), de acordo com o seu cadastro. O resultado dessa previsão não foi satisfatório, pois as séries de serviço público, consumo próprio, rural e poder público apresentavam uma grande quantidade de outliers, inclusive com valores negativos. Tentou-se melhorar o resultado incluindo o índice térmico nos atributos de entrada e os resultados foram melhores. Para as classes residencial, industrial e comercial o resultado obtido, utilizando o índice térmico, foi um pouco melhor.

4.4.2. Previsão de Faturamento por microclima e classe.

A previsão por microclima, também foi feita levando-se em consideração os outliers. Nas tabelas 4.7 a 4.13 podem-se observar as entradas e a quantidade de neurônios na camada escondida das redes neurais utilizadas nas previsões dos microclimas de bairros, divididas por classes. Já as tabelas 4.14 a 4.20 correspondem aos microclimas de Municípios separados, também, por

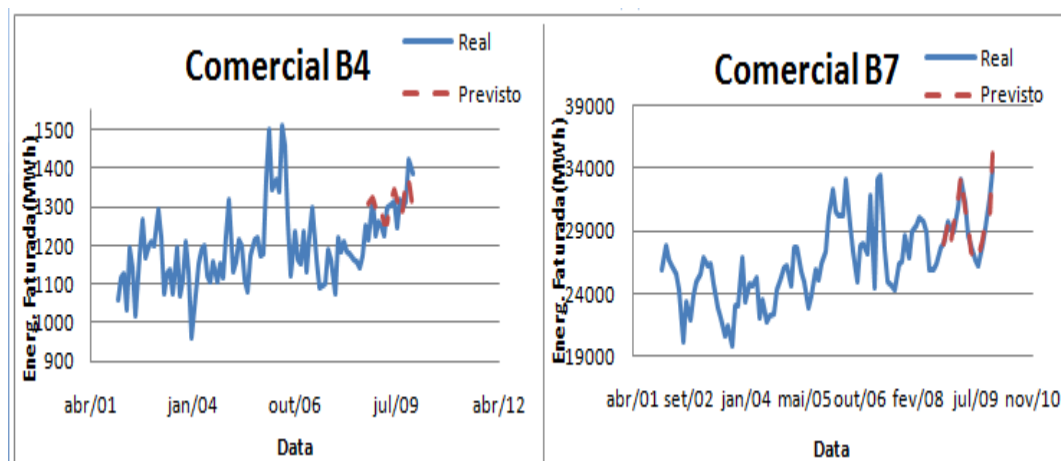
classes. As figuras apresentadas nesse capítulo são as previsões que tiveram os maiores e menores erros (MAPE) das classes mais relevantes, que são a comercial, residencial e industrial. Os resultados previstos estão em vermelho pontilhado nos gráficos. Os outros resultados serão apresentados no Apêndice A.

Comercial										
Microclima		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
Neurônios		3	3	3	4	3	4	4	5	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis					X				
	Índices Financeiros	OPC			PIB		VCV	VCV	VCV	
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
			SM-06							
		SM-02		SM-02	SM-02				SM-02	
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
										MM-06
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03
				MM-02	MM-02			MM-02		
			DM-02							
					DM-01		DM-01			
MAPE (%)		2,42	2,43	3,23	3,62	2,48	2,07	1,85	4,00	
Acumulado (MWh)		1002.40	13004.18	1490.89	212.28	-7928.20	9751.22	1540.91	13872.41	

Tabela 4.7: Entradas das redes neurais utilizadas para classe comercial dos microclimas de bairros.

As combinações SM-12, SM-01 e MM-03 foram as que apresentaram a maior influência no resultados das previsões 15 passos a frente. Nesta previsão a variável “dias úteis” não foi de grande importância na saída da rede neural, pois atualmente o comércio não fecha nos finais de semana e em alguns feriados.

O melhor e o pior resultado podem ser vistos nas figuras 4.52 e 4.53. O melhor resultado foi do microclima B7 que utilizou a variável clima e o Volume de Vendas do comercio varejista com ajuste sazonal – RJ. Já o microclima B4 foi influenciado pelo resultado da previsão de série de sensação térmica, já esse microclima possui bairros com características climáticas diferentes.



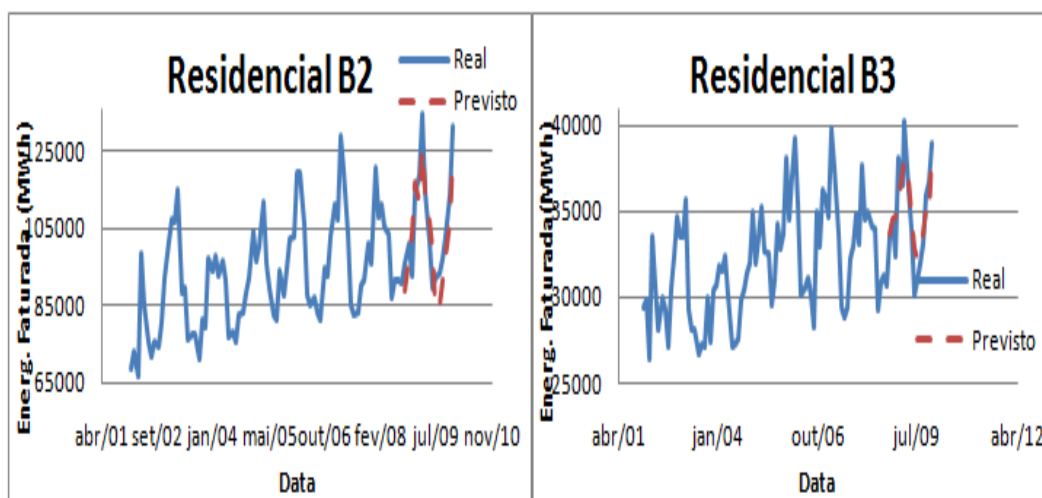
Figuras 4.52 e 4.53: Previsões de faturamento dos Microclimas B4 e B7, respectivamente

Residencial										
Microclima		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
Neurônios		4	4	5	5	3	4	5	5	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis									
	Índices Financeiros		OPCRF	CBN		OPCRF	OPCRF	PIB	OPCRF	
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
			SM-06							
					SM-03				SM-03	
		SM-02						SM-02		SM-02
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
		MM-12			MM-12					
			MM-06							
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03
									MM-02	MM-02
								DM-02		
			DM-01							
MAPE (%)		3,48	5,74	2,65	3,00	5,03	4,58	3,08	4,17	
Acumulado (MWh)		-6069,30	-38122,19	2386,23	-184,53	-17011,48	33098,81	-20161,19	8972,84	

Tabela 4.8: Entradas das redes neurais utilizadas para classe residencial dos microclimas de bairros.

A saída de todas as redes neurais é influenciada pelas combinações SM-12, SM-01 e MM-03. Como dito anteriormente, a variável sensação térmica exerce forte influência no consumo de energia elétrica. O índice financeiro Operações de crédito totais do sistema financeiro - A pessoas físicas (BR) aparece, como entrada, na metade dos microclimas, mostrando a dependência do resultado final.

O melhor e o pior resultado podem ser vistos nas figuras 4.54 e 4.55, respectivamente. O melhor resultado foi do microclima B3 que utilizou o índice financeiro que está diretamente relacionado a população, o gasto mensal com a cesta básica nacional. Já o microclima B2 pode ter sido influenciado pelo resultado da previsão de série de sensação térmica.

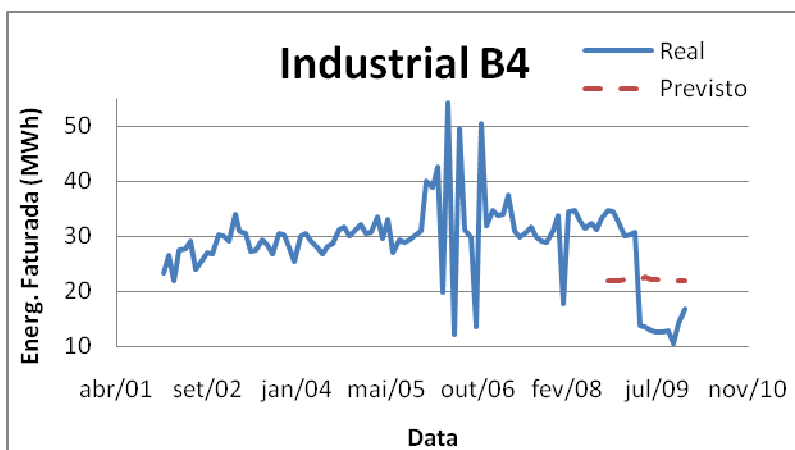


Figuras 4.54 e 4.55: Previsões de faturamento dos Microclimas B2 e B3, respectivamente.

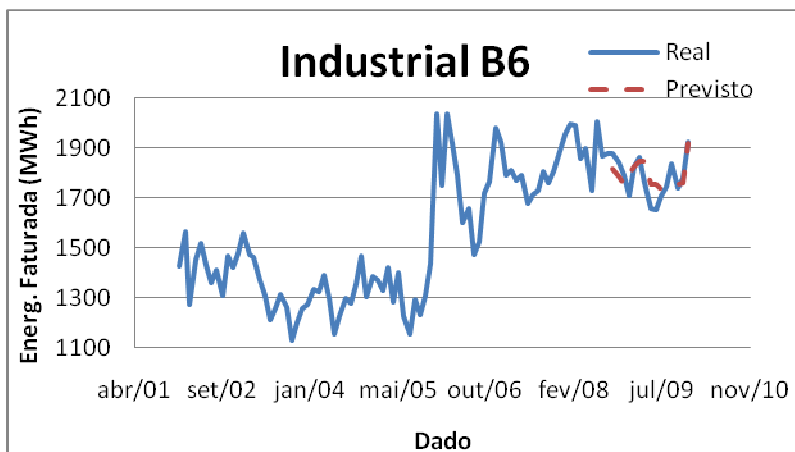
Industrial										
Microclima		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
Neurônios		4	5	1	3	3	2	5	5	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis									
	Índices Financeiros	ITSA	BPF	ITSA	BPF	BPF	BPF	PIB	ITSA	
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
									SM-06	SM-06
							SM-03			
			SM-02		SM-02					
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
				MM-12					MM-12	
				MM-06				MM-06		
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03
		MM-02			MM-02					
						DM-02				
						DM-01				
MAPE (%)		3,77	3,33	10,63	54,09	11,35	1,88	2,45	4,18	
Acumulado (MWh)		-1217.43	1851.15	-14287.60	19.04	4868.04	138.86	-481.49	9129.95	

Tabela 4.9: Entradas das redes neurais utilizadas para classe industrial dos microclimas de bairros.

As entradas SM-12, SM-01 e MM-03 e os índices financeiros são relevantes para a previsão da classe industrial. O microclima B6 apresentou o menor erro (MAPE) e o B4 o maior, cujos resultados são apresentados nas figuras 4.56 e 4.57.



Figuras 4.56 :Previsão de faturamento do microclima B4.



Figuras 4.57 :Previsão de faturamento do microclima B6.

Para as classes Poder Público, Serviço Público e Consumo próprio os índices financeiros não exercem grande influência na saída da rede neural. Como visto anteriormente, as combinações SM-12, SM-02 e SM-01 fazem parte de todas as redes neurais. Outra variável importante para essas classes foi a sensação térmica.

Poder Público										
Microclima		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
Neurônios		2	2	3	3	4	5	3	3	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis					X			X	
	Índices Financeiros		OPCPP	PIB				PIB		
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
		SM-06					SM-06			
		SM-03				SM-03		SM-03		
			SM-02							
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
			MM-12				MM-12			MM-12
						MM-06				
MM-03		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	
	DM-01						DM-01	DM-01		
MAPE (%)		3,68	2,00	1,99	4,32	4,01	5,07	4,14	3,22	
Acumulado (MWh)		-920,93	-5860,57	-656,63	31,33	-3905,98	-364,57	-40,26	1528,53	

Tabela 4.10: Entradas das redes neurais utilizadas para classe poder público dos microclimas de bairros.

Para a classe Rural, o cálculo do MAPE é afetado por valores próximos a zero. Além disso, essa série apresenta comportamento praticamente próximo a zero a maior parte período analisado.

Rural										
Microclima		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
Neurônios		5	3	3	5	5	4	4	5	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis			X						
	Índices Financeiros	PIB	OPCRural		PIB	OPCRural	OPCRural	OPCRural	OPCRural	
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
								SM-06		
				SM-03	SM-03				SM-03	
		SM-02								SM-02
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
			MM-12							
		MM-06						MM-06		
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03
										MM-02
			DM-02							
				DM-01	DM-01		DM-01	DM-01		
MAPE (%)		63,40	134,47	3,64	16,84	7,77	11,62	3,66	30,51	
Acumulado (MWh)		0,27	24,97	-3,43	-0,93	9,70	1,37	-5,80	16,41	

Tabela 4.11: Variáveis de entrada para classe rural dos microclimas de bairros.

Serviço Público										
Microclima		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
Neurônios		2	3	2	4	5	5	3	5	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis		X	X			X		X	
	Índices Financeiros					PIB		PIB		
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
		SM-06					SM-06			
						SM-03				
									SM-02	SM-02
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
		MM-06			MM-06			MM-06	MM-06	
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03
					MM-02					
						DM-02				DM-02
				DM-01			DM-01	DM-01		
MAPE (%)		8,42	2,56	12,05	8,37	4,09	10,79	6,24	11,83	
Acumulado (MWh)		-79.42	403.65	449.91	-55.09	120.46	-289.13	-1589.64	-1982.35	

Tabela 4.12: Variáveis de entrada para classe serviço público dos microclimas de bairros.

Consumo Próprio										
Microclima		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
Neurônios		4	4	3	4	1	3	2	2	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis		X		X					
	Índices Financeiros	PIB		PIB				PIB		
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
						SM-06			SM-06	SM-06
			SM-03			SM-03	SM-03			
		SM-02					SM-02			SM-02
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
										MM-12
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03
		DM-02			DM-02			DM-02		
			DM-01							
MAPE (%)		12,31	2,85	11,69	9,74	5,73	17,20	8,33	7,12	
Acumulado (MWh)		47.78	1403.27	127.35	-1.64	-8.17	232.73	94.92	687.01	

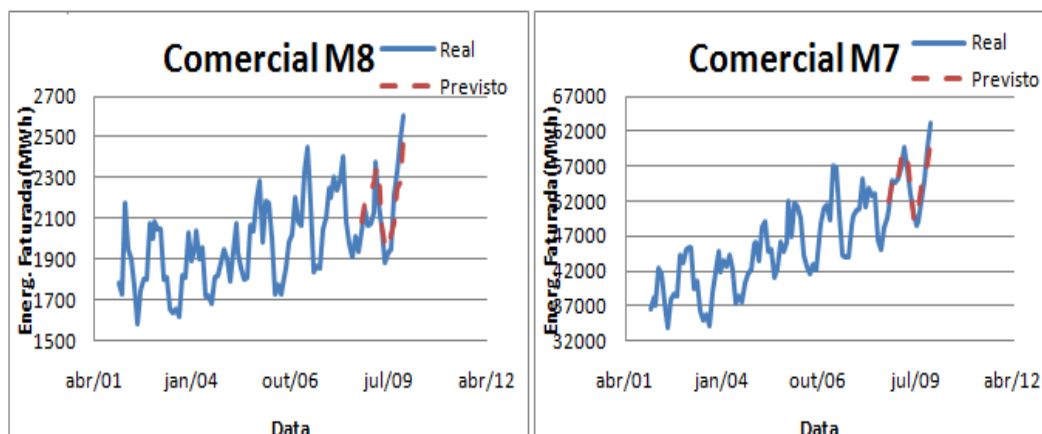
Tabela 4.13: Variáveis de entrada para classe consumo próprio dos microclimas de bairros.

Para os microclimas dos Municípios, somente a classe industrial não utilizou as combinações SM-12, SM-01 e MM-03 em todas as redes neurais.

Comercial											
Microclima		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
Neurônios		4	3	5	2	4	5	5	5	4	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X		X	X	X	X	X	
	Dias Úteis				X						
	Índices Financeiros	PIB	PIB	VCV	PIB	OPC		IVRN	PIB	VCV	
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
				SM-06	SM-06						
								SM-03			
			SM-02				SM-02			SM-02	
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
		MM-12									
					MM-06						
						MM-06	MM-06				
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03
									DM-02		
DM-01			DM-01		DM-01			DM-01	DM-01		
MAPE (%)		2,32	3,69	3,13	3,67	2,33	2,64	2,15	4,51	3,42	
Acumulado (MWh)		-561,30	-488,02	-266,82	-639,02	-94,43	-404,72	2984,31	271,92	1413,02	

Tabela 4.14: Variáveis de entrada para classe comercial dos microclimas de Municípios.

O menor erro (MAPE) foi encontrado no microclima M7. Já o maior, foi verificado no microclima M8. As figuras 4.58 e 4.59 mostram a previsão do faturamento do microclima M8 e M7.

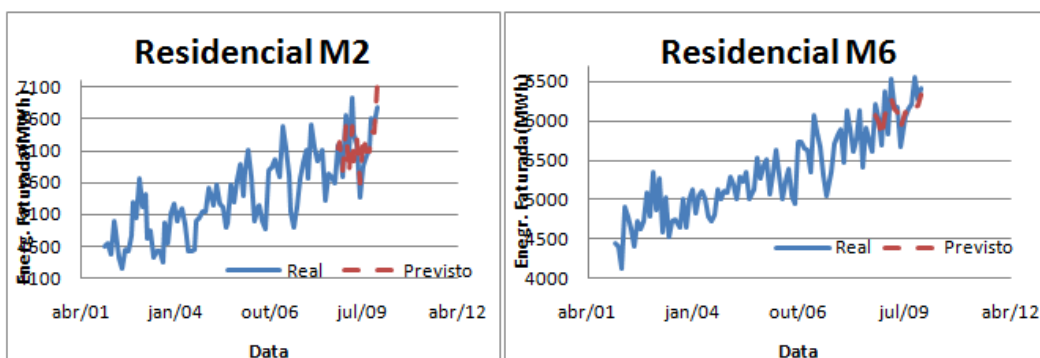


Figuras 4.58 e 4.59: Previsão de faturamento da classe comercial microclima M8 e M7, respectivamente.

Residencial											
Microclima		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
Neurônios		3	4	5	4	5	3	3	3	2	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis										
	Índices Financeiros	OPCRF	OPCRF	CBN	CBN	PIB	OPCRF	CBN	CBN	OPCRF	
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
		SM-06	SM-06		SM-06		SM-06				SM-06
			SM-03								
							SM-02				
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
					MM-06			MM-06			
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03
						MM-02					
						DM-02					DM-02
DM-01								DM-01			
MAPE (%)		2,07	6,79	2,12	3,64	2,74	1,75	3,78	4,72	2,26	
Acumulado (MWh)		111.31	-391.71	-1155.97	-1759.83	-902.28	-847.05	-33951.70	-1674.35	-2090.52	

Tabela 4.15: Variáveis de entrada para classe residencial dos microclimas de Municípios.

Para os microclimas de Municípios pode-se verificar que os índices financeiros exercem uma influencia maior no resultado das redes neurais do que nos microclimas de Bairros. O menor erro (MAPE) encontrado foi do microclima M6 (figura 4.61) e o maior foi do M2 (figura 4.60). Esse resultado mostra como os índices financeiros CBN (Cesta Básica) e o OPCRF (índice Operações de crédito totais do sistema financeiro - A pessoas físicas (BR)) influencia a classe residencial, pois estes estão presente na maioria das entradas das redes neurais.

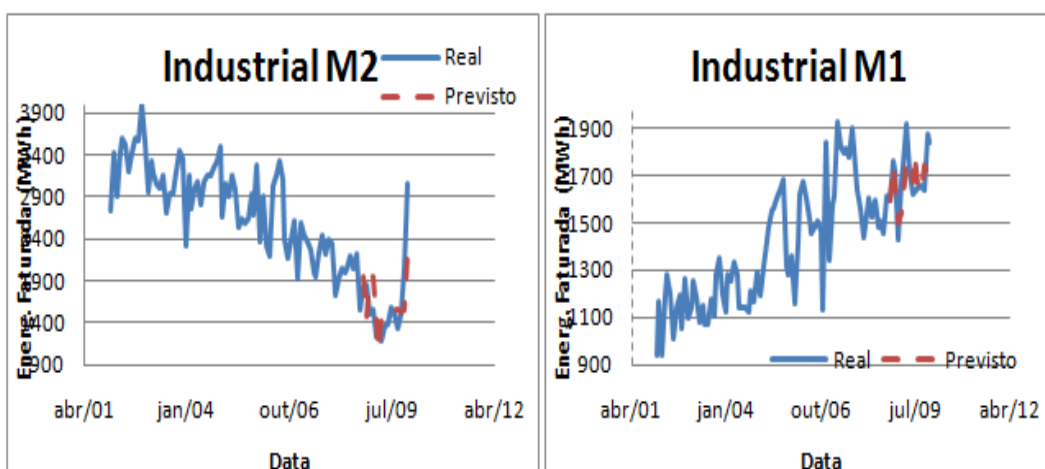


Figuras 4.60 e 4.61: Previsões de faturamento da classe residencial microclimas M2 e M6.

Industrial											
Microclima		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
Neurônios		3	4	4	2	4	6	3	3	5	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis										
	Índices Financeiros	BPF	PIB	PIB	ITSA	BPF		BPF			
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
			SM-06								
							SM-02		SM-02	SM-02	
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03
				MM-02	MM-02	MM-02	MM-02	MM-02		MM-02	MM-02
	DM-02		DM-02			DM-02	DM-02		DM-02		
MAPE (%)		4,51	18,61	5,49	11,73	5,46	7,30	6,34	6,23	6,29	
Acumulado (MWh)		-319.10	75.11	-44.71	1653.06	-132.32	-348.08	-1831.93	-455.85	589.76	

Tabela 4.16: Variáveis de entrada para classe industrial dos microclimas de Municípios.

O maior erro (MAPE) foi obtido no Microclima M2 e o menor foi no M1, como pode ser visto nas figuras 4.62 e 4.63 respectivamente.



Figuras 4.62 e 4.63: Previsões de faturamento da classe industrial microclimas M2 e M1.

Poder Público											
Microclima		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
Neurônios		2	5	5	4	4	4	5	4	5	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis					X		X			
	Índices Financeiros	OPCPP	OPCPP		OPCPP				OPCPP		
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
										SM-06	
					SM-02						
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
		MM-12		MM-12			MM-12	MM-12			
			MM-06				MM-06			MM-06	
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03
					MM-02			MM-02			MM-02
		DM-01		DM-01	DM-01	DM-01					DM-01
MAPE (%)		5,19	6,69	4,52	4,02	2,82	3,62	5,05	3,97	5,67	
Acumulado (MWh)		-18,47	253,53	366,00	46,51	-1,71	-58,87	-4192,34	226,12	-1369,4	

Tabela 4.17: Variáveis de entrada para classe poder público dos microclimas de Municípios.

Rural											
Microclima		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
Neurônios		5	4	4	5	3	3	3	5	4	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis	X					X			X	
	Índices Financeiros			PIB	OPCRural						
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
						SM-06			SM-06	SM-06	
		SM-03	SM-03								
		SM-02		SM-02						SM-02	SM-02
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
							MM-12				MM-12
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03
					MM-02			MM-02			
					DM-01						
MAPE (%)		4,29	2,91	2,10	2,57	4,27	2,68	22,25	2,78	2,13	
Acumulado (MWh)		-102.32	11.32	-12.23	70.86	58.10	123.28	-0.36	-94.10	-17.99	

Tabela 4.18: Variáveis de entrada para classe rural dos microclimas de Municípios.

Serviço Público											
Microclima		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
Neurônios		3	5	4	5	4	2	4	4	3	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis								X		
	Índices Financeiros	PIB	PIB	PIB		PIB	PIB				
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
		SM-03			SM-06				SM-06		
						SM-02		SM-02			
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
					MM-12					MM-12	MM-12
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03
				MM-02							
							DM-02	DM-02			DM-02
					DM-01				DM-01		
MAPE (%)		4,67	2,59	2,01	4,09	3,28	1,64	1,92	3,25	3,56	
Acumulado (MWh)		18,27	6,86	0,75	-125,70	-10,90	30,29	689,07	-13,63	-365,17	

Tabela 4.19: Variáveis de entrada para classe serviço público dos microclimas de Municípios.

Consumo Próprio											
Microclima		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
Neurônios		4	5	4	4	5	3	4	4	3	
Entradas	Sensação Térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dias Úteis	X	X	X		X					
	Índices Financeiros				PIB		PIB				
	Combinações	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12	SM-12
			SM-03								
		SM-02				SM-02					
		SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01	SM-01
			MM-12							MM-12	
		MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-03	MM-06
		DM-02					DM-02	DM-02			
				DM-01	DM-01		DM-01				
MAPE (%)		8,35	5,02	8,31	4,01	5,79	2,71	3,22	18,30	3,26	
Acumulado (MWh)		8.25	4.48	222.17	3.48	-0.15	-3.28	0.04	-20.36	-26.82	

Tabela 4.20: Variáveis de entrada para classe consumo próprio dos microclimas de Municípios.

4.4.3 Análise dos Resultados de Previsão de Faturamento

Esta seção apresenta uma avaliação dos resultados considerando as seguintes unidades geográficas: o município do Rio de Janeiro (somatório de microclimas de bairros), estado do Rio de Janeiro (somatório de microclimas relativo aos municípios do estado do Rio de Janeiro e Minas Gerais, exceto o município do Rio de Janeiro) e área de concessão da Light (somatório de todos microclimas de bairros e municípios) para o período de outubro de 2008 a dezembro de 2009.

A tabelas 4.21 apresenta os erros MAPE das previsões de faturamento por classe e microclima de Bairros.

Classe de Faturamento	MAPE (%)							
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Comercial	2,42	2,43	3,23	3,62	2,48	2,07	1,85	4,00
Residencial	3,48	5,74	2,65	3,00	5,03	4,58	3,08	4,17
Industrial	3,77	3,33	10,63	54,09	11,35	1,88	2,45	4,18
Poder Público	3,68	2,00	1,99	4,32	4,01	5,07	4,14	3,22
Rural	63,40	134,47	3,64	16,84	7,77	11,62	3,66	30,51
Serviço Público	8,42	2,56	12,05	8,37	4,09	10,79	6,24	11,83
Consumo Próprio	12,31	2,85	11,69	9,74	5,73	17,20	8,33	7,12

Tabela 4.21 – MAPE para Previsão de Faturamento 15 meses à frente para Microclimas dos Bairros do Município do Rio de Janeiro

Os resultados obtidos com as previsões de faturamento para os microclimas relativos aos bairros foram bons. Os piores erros MAPE estão associados às classes Consumo Próprio (microclima B6), Industrial (microclima

B4) e Rural (microclima B1, B2 e B8). Essas são classes muito pouco representativas nos microclimas de bairros, principalmente nos microclimas destacados (B1, B2, B4, B6 e B8).

Na tabela 4.22 pode-se observar o somatório do valor acumulado da diferença entre o faturamento previsto e o real, considerando todos os microclimas de bairros, é -14706,28MWh. Esse valor representa um percentual de 0,09% do somatório do faturamento previsto para todos os microclimas de bairros.

Classe de Faturamento	Erro Acumulado de Energia (MWh)								
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	Total
Comercial	1002,40	13004,18	1490,89	212,28	-7928,20	9751,22	1540,91	13872,41	32946,09
Residencial	-6069,30	-38122,19	2386,23	-184,53	-17011,48	33098,81	-20161,39	8972,84	-37091,01
Industrial	-1217,43	1851,15	-14287,60	19,04	4868,04	138,86	-481,49	9129,95	20,52
Poder Público	-920,93	-5860,57	-656,63	31,33	-3905,98	-364,57	-40,26	1528,53	-10189,08
Rural	0,27	24,97	-3,43	-0,93	9,70	1,37	-5,80	16,41	42,56
Serviço Público	-79,42	403,65	449,91	-55,09	120,46	-286,13	-1589,64	-1982,35	-3018,61
Consumo Próprio	47,78	1403,27	127,35	-1,64	-8,17	232,73	94,92	687,01	2583,25
Total	-7236,63	-27295,54	-10493,28	20,46	-23855,63	42572,29	-20642,75	32224,80	-14706,28

Tabela 4.22 – Erro acumulado (MWh) para Previsão de Energia Faturada de Energia Elétrica 15 meses à frente para Microclimas dos Bairros do Município do Rio de Janeiro

Deve-se destacar que as classes que apresentam o melhor desempenho nos microclimas de bairros são as classes Residencial e Comercial, que juntas têm um total de energia faturada prevista de 12.960.339,13 MWh. Esse montante representa 81,47% do somatório de energia faturada prevista para os microclimas de bairros e 62,58% da energia faturada prevista para a Light.

Os erros MAPE relativos a previsão de faturamento dos Microclimas de Municípios podem ser vistos na tabela 4.23.

Classe de Faturamento	MAPE (%)								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Comercial	2,32	3,69	3,13	3,67	2,33	2,64	2,15	4,51	3,42
Residencial	2,07	6,79	2,12	3,64	2,74	1,75	3,78	4,72	2,26
Industrial	4,51	18,61	5,49	11,73	5,46	7,30	6,34	6,23	6,26
Poder Público	5,19	6,69	4,52	4,02	2,82	3,62	5,05	3,97	5,67
Rural	4,29	2,91	2,10	2,57	4,27	2,68	22,25	2,78	2,13
Serviço Público	4,67	2,59	2,01	4,09	3,28	1,64	1,92	3,25	3,56
Consumo Próprio	8,35	5,02	8,31	4,01	5,79	2,71	3,22	18,30	3,26

Tabela 4.23 – MAPE e para Previsão de Faturamento de Energia Elétrica 15 meses à frente para Microclimas dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro (exceto o município do Rio de Janeiro)

Os piores erros MAPE estão associados, principalmente, às classes Industrial (Microclima M2 e M4), Rural (Microclima M7) e Consumo Próprio (Microclima M8). Essas são classes pouco representativas nos microclimas relativos aos municípios. Além disso, o somatório da energia faturada prevista

dos microclimas dos municípios representa 23,19% da energia faturada prevista para a Light.

O somatório do valor acumulado da diferença entre a energia faturada prevista e real considerando todos os microclimas de municípios é 45555,75MWh (Tabela 4.24), o qual representa um percentual de 0,95% do somatório da energia faturada prevista para todos os microclimas de municípios.

Classe de Faturamento	Erro Acumulado de Energia (MWh)									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	Total
Comercial	-561,30	-488,02	-266,82	-639,02	-94,43	-404,72	2984,31	271,92	1413,02	2214,94
Residencial	111,31	-391,71	-1155,97	-1759,83	-902,28	-847,05	-33951,70	-1674,35	-2090,52	-42662,10
Industrial	-319,10	75,11	-44,71	1653,06	-132,32	-348,08	-1831,93	-455,85	589,76	-814,06
Poder Público	-18,47	253,53	366,00	46,51	-1,71	-58,87	-4192,34	226,12	-1369,43	-4748,66
Rural	-102,32	11,32	-12,23	70,86	58,10	123,28	-0,36	-94,10	-17,99	36,56
Serviço Público	18,27	6,86	0,75	-125,70	-10,90	30,29	689,07	-13,63	-365,17	229,84
Consumo Próprio	8,25	4,48	222,17	3,48	-0,15	-3,28	-0,04	-20,36	-26,82	187,73
Total	-863,36	-528,43	-890,81	-750,64	-1083,69	-1508,43	-36302,99	-1760,25	-1867,15	-45555,75

Tabela 4.24 – Erro acumulado (MWh) para Previsão de Faturamento de Energia Elétrica 15 meses à frente para Microclimas dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro (exceto o município do Rio de Janeiro)

O total da energia faturada nos 15 meses de previsão é de 20710688,69 MWh. O valor da diferença entre a energia acumulada faturada prevista e real, em todas as classes e microclimas, é de 60262,03 MWh e o erro total acumulado cometido é de 0,36% do somatório da energia faturada prevista em todas as classes e microclimas.

Pode-se perceber na Tabela 4.25 que o modelo desenvolvido apresentou resultados melhores do que os utilizados atualmente pela Concessionária.

Classes	Erro SIPEE	Modelos Concessionária
Comercial	0.69%	2.52%
Residencial	0.15%	0.10%
Industrial	1.71%	8.39%
Poder Público	1.08%	7.20%
Serviço Público	10.10%	1.75%
Consumo Próprio	3.16%	12.17%
Rural	0.40%	1.23%

Tabela 4.25 – Quadro Comparativo