

Sviluppo di reti probabilistiche di supporto alle
decisioni in viticoltura ed enologia

Modelli lineari dinamici
per l'imputazione di dati mancanti
in serie agroclimatologiche

Federico M. Stefanini

Dipartimento di Statistica ‘G. Parenti’, Università degli Studi di Firenze
Viale Morgagni 59, I-50134, Firenze
Tel: 055 4237266 Fax: 055 4223560
stefanini@ds.unifi.it <http://www.ds.unifi.it/stefanini/>

In collaborazione con: Francesca Bovis

Società Consortile Tuscania s.r.l.

Via Sangallo 43 - loc. Sambuca, I-50028, Tavarnelle Val di Pesa (FI)

Tel: 340 1215392 Fax: 055 8071971

francesca.bovis@consorziotuscania.it <http://www.consorziotuscania.it/>

24 novembre 2010

Indice

1	Introduzione	4
2	Modelli Lineari Dinamici	5
2.1	Modelli lineari dinamici	5
2.2	Modelli lineari dinamici univariati per l'analisi di serie storiche	6
2.2.1	Modelli a cambiamenti sistematici	6
2.2.2	Modelli stagionali di Fourier	7
3	Adattamento del modello - Temperature dell'aria	8
3.1	MASTER	10
3.1.1	Master Vigna 1	10
3.1.2	Master Vigna 2	22
3.1.3	Master Vigna 3	34
3.1.4	Master Vigna 4	46
3.2	SLAVES - Vigna 1	58
3.2.1	Slave Vigna 1 - Tesi 1	58
3.2.2	Slave Vigna 1 - Tesi 2	70
3.2.3	Slave Vigna 1 - Tesi 3	82
3.2.4	Slave Vigna 1 - Tesi 4	94
3.2.5	Slave Vigna 1 - Tesi 5	106
3.2.6	Slave Vigna 1 - Tesi 6	118
3.2.7	Slave Vigna 1 - Tesi 7	130
3.2.8	Slave Vigna 1 - Tesi 8	142
3.2.9	Scatter Plots Residui Slaves Vigna 1	154
3.3	SLAVES - Vigna 2	158
3.3.1	Slave Vigna 2 - Tesi 1	158
3.3.2	Slave Vigna 2 - Tesi 2	170
3.3.3	Slave Vigna 2 - Tesi 3	182
3.3.4	Slave Vigna 2 - Tesi 4	194
3.3.5	Slave Vigna 2 - Tesi 5	206
3.3.6	Slave Vigna 2 - Tesi 6	218
3.3.7	Slave Vigna 2 - Tesi 7	230
3.3.8	Slave Vigna 2 - Tesi 8	242
3.3.9	Scatter Plots Residui Slaves Vigna 2	254
3.4	SLAVES - Vigna 3	258
3.4.1	Slave Vigna 3 - Tesi 1	258

3.4.2	Slave Vigna 3 - Tesi 2	270
3.4.3	Slave Vigna 3 - Tesi 3	282
3.4.4	Slave Vigna 3 - Tesi 4	294
3.4.5	Slave Vigna 3 - Tesi 5	306
3.4.6	Slave Vigna 3 - Tesi 6	318
3.4.7	Slave Vigna 3 - Tesi 7	330
3.4.8	Slave Vigna 3 - Tesi 8	342
3.4.9	Scatter Plots Residui Slaves Vigna 3	354
3.5	SLAVES - Vigna 4	358
3.5.1	Slave Vigna 4 - Tesi 1	358
3.5.2	Slave Vigna 4 - Tesi 2	370
3.5.3	Slave Vigna 4 - Tesi 3	379
3.5.4	Slave Vigna 4 - Tesi 4	391
3.5.5	Slave Vigna 4 - Tesi 5	403
3.5.6	Slave Vigna 4 - Tesi 6	415
3.5.7	Slave Vigna 4 - Tesi 7	427
3.5.8	Scatter Plots Residui Slaves Vigna 4	439
4	Discussione	442

1 Introduzione

Il problema riguardante l'imputazione dei dati mancanti è stato risolto mediante l'uso dei *modelli lineari dinamici*.

Il modello lineare dinamico è un caso particolare di *state space model*, in cui la distribuzione dei valori osservati condizionata allo stato del processo è Gaussiana e la dinamica del processo è localmente lineare.

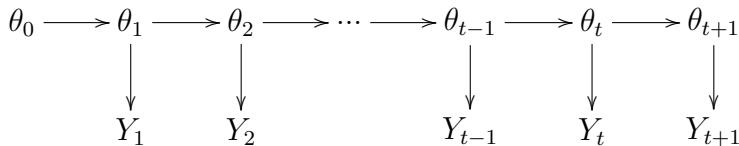
I modelli state space (o spazio degli stati) considerano una serie storica come il risultato di un sistema dinamico disturbato da rumori casuali, in cui lo stato è scomposto in trend (tendenze) e in componenti stagionali regressive. L'idea di base è di rappresentare una serie storica come la somma di componenti stocastiche (trend, componente ciclica, stagionalità) oltre ad eventuali regressori informativi.

I problemi della stima e della previsione sono risolti valutando in maniera ricorrente la distribuzione condizionata delle quantità di interesse, date le informazioni disponibili (osservazioni di campo).

I modelli state space includono una classe molto generale di sistemi dinamici, che è particolarmente adatta a fare inferenza sia su parametri ignoti sia sulle componenti non osservabili.

Sia la variabile casuale $(Y_t)_{t=1 \dots T}$ la serie storica della temperatura media dell'aria. Nella forma state space la variabile casuale Y_t dipende linearmente da un vettore casuale θ_t , detto vettore di stato, non osservabile (o parzialmente osservabile), che evolve secondo uno schema Markoviano.

La rappresentazione grafica del modello può essere usata per dedurre le proprietà di indipendenza condizionata delle variabili casuali che si trovano in un modello state space. La figura sottostante mostra che la variabile casuale Y_t (temperatura) e $(\theta_{0:t-1}, Y_{1:t-1})$ sono indipendenti da θ_t .



2 Modelli Lineari Dinamici

2.1 Modelli lineari dinamici

Un modello lineare dinamico (DLM) per la serie multivariata Y_t è specificato da una distribuzione a priori Normale per il vettore stato p -dimensionale al tempo $t = 0$,

$$\theta_0 \sim N_p(m_0, C_0), \quad (1)$$

insieme con le due equazioni per ogni tempo $t \geq 1$,

$$Y_t = F_t \theta_t + v_t, \quad v_t \sim N(0, V_t), \quad \text{Osservazionale} \quad (2)$$

$$\theta_t = G_t \theta_{t-1} + w_t, \quad w_t \sim N_p(0, W_t), \quad \text{Transizione di Stato} \quad (3)$$

dove G_t e F_t sono matrici note (di ordine $p \times p$ e $m \times p$ rispettivamente) e $(v_t)_{t \geq 1}$ e $(w_t)_{t \geq 1}$ sono due sequenze indipendenti di vettori Gaussiani indipendenti con media zero e matrici di varianza nota $(V_t)_{t \geq 1}$ e $(W_t)_{t \geq 1}$ rispettivamente.

Per stimare il vettore stato si calcola la densità condizionata $\pi(\theta_s | y_{1:t})$. Tre sono le problematiche affrontabili: i problemi di *filtering* (quando $s=t$), di *state prediction* ($s>t$) e *smoothing* ($s< t$).

Il filtro di Kalman fornisce le stime ottimali del vettore di stato θ_t nel senso del minimo errore quadratico medio, data l'informazione disponibile al tempo t , indicata con $\{Y_t\}$, ed è lo strumento principale per condurre inferenza sulle componenti non osservabili in t e per la costruzione della funzione di verosimiglianza di un modello in forma state-space. Sia $Y_t = (y_1, \dots, y_t)$ la collezione dei dati dalla prima fino alla t -esima osservazione. L' inferenza dello stato nel tempo è necessariamente basata sui dati osservabili e sulla struttura evolutiva definita dall'equazione di transizione. Per quanto riguarda il problema di filtering, si suppone che i dati arrivino sequenzialmente, e che si desideri ottenere una stima del valore corrente del vettore stato basata sulle osservazioni fino al tempo t , aggiornando le stime e le previsioni appena si rendono disponibili i nuovi dati al tempo $t+1$.

Il problema di smoothing consiste invece nella stima della sequenza di stato al tempo $1, \dots, t$, utilizzando i dati y_1, \dots, y_t . In pratica si hanno osservazioni di una serie temporale per un certo periodo e si vuole fare uno studio

retrospettivo sul comportamento del sistema sottostante le osservazioni. Lo smoother si applica dopo aver calcolato il filtro di Kalman e lavorando a marcia indietro. Sia $Y_t = y_1, \dots, y_t$ la collezione dei dati dalla prima fino alla t-esima osservazione. L'inferenza su t sarà necessariamente basata sui dati osservabili e sulla struttura evolutiva definita dall'equazione di transizione.

2.2 Modelli lineari dinamici univariati per l'analisi di serie storiche

Il *filtro di Kalman* fornisce la formula per la stima e la previsione di un modello lineare dinamico interamente specificato, ovvero un modello lineare dinamico dove le matrici F_t , G_t e le matrici di covarianza V_t e W_t sono note. Il filtro di Kalman permette di ottenere le distribuzioni predittive e di filtering, partendo da $\theta_0 \sim N(m_0, C_0)$, calcolando poi $\pi(\theta_1|y_1)$, e procedendo ripetutivamente come fossero dati nuovi divenuti disponibili; Quindi in modo sequenziale lo *smoother di Kalman* permette di calcolare le distribuzioni di $(\theta_t|y_{1:T})$, partendo da $t = T-1$, nel qual caso $\theta_{T|y_{1:T}} \sim N(s_T = m_T, S_T = C_T)$, e poi procedendo all'indietro per calcolare le distribuzioni di $(\theta_t|y_{1:T})$ per $t = T-2, t = T-3$, etc. L'approccio generale nella formulazione del modello è di immaginare che una serie temporale sia ottenuta combinando semplici componenti elementari, ciascuna delle quali cattura una differente caratteristica della serie, come il trend, la stagionalità e la dipendenza dalle covariate. Ogni componente è rappresentata da un modello lineare dinamico e le differenti componenti sono poi combinate in un unico DLM, producendo il modello per la data serie storica.

2.2.1 Modelli a cambiamenti sistematici

I modelli lineari dinamici polinomiali sono i più comunemente usati per descrivere l'andamento di una serie temporale, dove l'andamento è visto come uno sviluppo smussato delle serie nel tempo. Al tempo t , l'andamento atteso della serie storica può essere pensato come il comportamento atteso di Y_{t+k} per $k \geq 1$, date le informazioni al tempo t . Un modello polinomiale di ordine n è un modello lineare dinamico con matrici costanti $F_t=F$ e $G_t=G$, e una funzione di stima di forma pari a:

$$f_t(k) = E(Y_{t+k}|y_{1:t}) = a_{t,0} + a_{t,1}k + \dots + a_{t,n-1}k^{n-1}, \quad k \geq 0, \quad (4)$$

dove $a_{t,0}, \dots, a_{t,n-1}$ sono funzioni lineari di $m_t = E(\theta_t | y_{1:t})$ e sono indipendenti da k . Per l'adattamento del modello è stato usato un *modello di crescita lineare* che è un modello polinomiale di ordine $n = 2$.

Il modello di crescita lineare per risposte univariate è definito dalla seguente equazione:

$$Y_t = \mu_t + v_t \quad v_t \sim N(0, V), \quad (5)$$

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + w_{t,1} \quad w_{t,1} \sim N(0, \sigma_\mu^2), \quad (6)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + w_{t,2} \quad w_{t,2} \sim N(0, \sigma_\beta^2) \quad (7)$$

con $v_t, w_{t,1}$ e $w_{t,2}$ errori incorrelati.

Il vettore stato $\theta_t = (\mu_t, \beta_t)'$, è definito dal livello locale μ_t e dal tasso locale di crescita β_t .

Il modello assume che il livello corrente μ_t cambi linearmente nel tempo e che aumenti anche il tasso di crescita.

2.2.2 Modelli stagionali di Fourier

Un modo per modellare una serie temporale che mostra comportamenti circolari, la “stagionalità”, è di utilizzare componenti in *Fourier form*.

Ogni funzione periodica, di periodo s è caratterizzata dai valori che assume al tempo $t=1, 2, \dots, s$: se g_t è una funzione con $g_t = \alpha_t$, $t=1, \dots, s$, dopo il tempo s i valori di g_t semplicemente si ripetono e si ha $g_{s+1}=\alpha_1$, $g_{s+2}=\alpha_2$ e così via. È possibile associare la funzione periodica g_t al vettore s -dimensionale $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_s)'$. Si può pensare ad α come ad una combinazione lineare dei vettori di base:

$$\alpha = \sum_{j=1}^s \alpha_j u_j \quad (8)$$

dove u_j è il vettore s -dimensionale avente la j -esima componente uguale a 1 e tutte le componenti rimanenti uguali a zero.

3 Adattamento del modello - Temperature dell'aria

Il modello è stato adattato concentrandosi sull'analisi bayesiana dei modelli lineari dinamici. Per l'adattamento del modello si è scelto di selezionare solo blocchi che presentassero caratteristiche di ALTO vigore, l'anno considerato è stato il 2008 e l'idea è di considerare un sottocampione giornaliero per identificare il modello. Viene scelto un sottocampione giornaliero che include solo i dati rilevati ogni 4 ore.

Per quanto riguarda la selezione delle slaves è utile ricordare con uno schema esemplificativo come sono state caratterizzate.

VIGNA 1	BROLIO
VIGNA 2	DONNA OLIMPIA
VIGNA 3	CACCIAGRANDE
VIGNA 4	CORTIGLIANO

Tabella 1: Legenda Vigne

	CARICA GEMME	DEFOLIAZIONE	DIRADAMENTO
T1	CORTA	NO	NO
T2	CORTA	NO	50%
T3	CORTA	50%	NO
T4	CORTA	50%	50%
T5	LUNGA	NO	NO
T6	LUNGA	NO	50%
T7	LUNGA	50%	NO
T8	LUNGA	50%	50%

Tabella 2: Tesi in Alta Vigoria

CARICA GEMME CORTA	C1
CARICA GEMME LUNGA	C2
DEFOGLIAZIONE ASSENTE	DEF0
DEFOGLIAZIONE PRESENTE	DEF1
DIRADAMENTO ASSENTE	DIR0
DIRADAMENTO PRESENTE	DIR1

Tabella 3: Legenda Tesi Alta Vigoria

3.1 MASTER

3.1.1 Master Vigna 1

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 3.

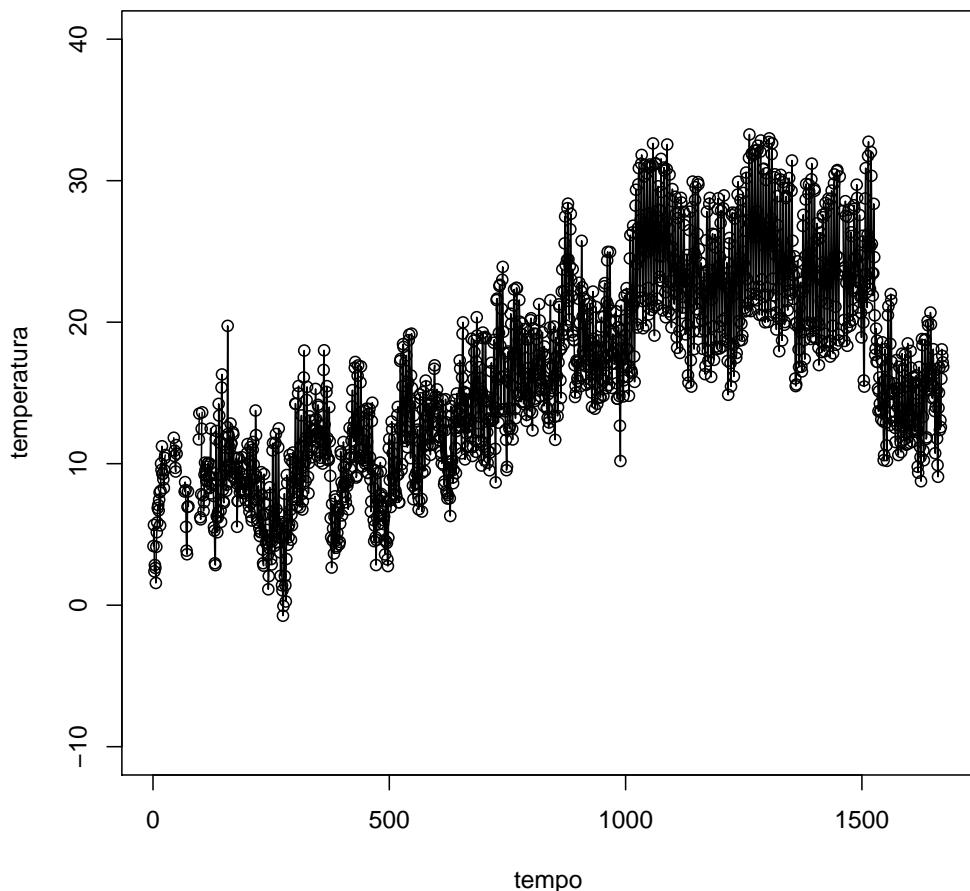


Figura 1: Dati Osservati - Master Vigna 1

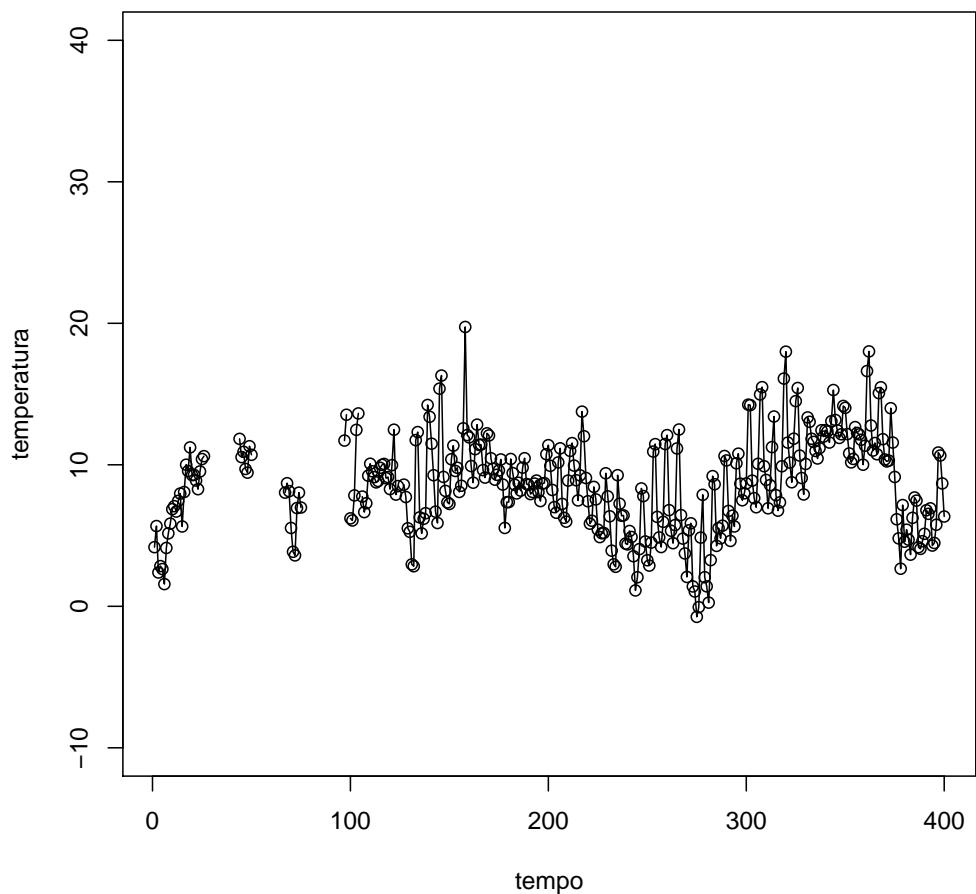


Figura 2: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Master Vigna 1

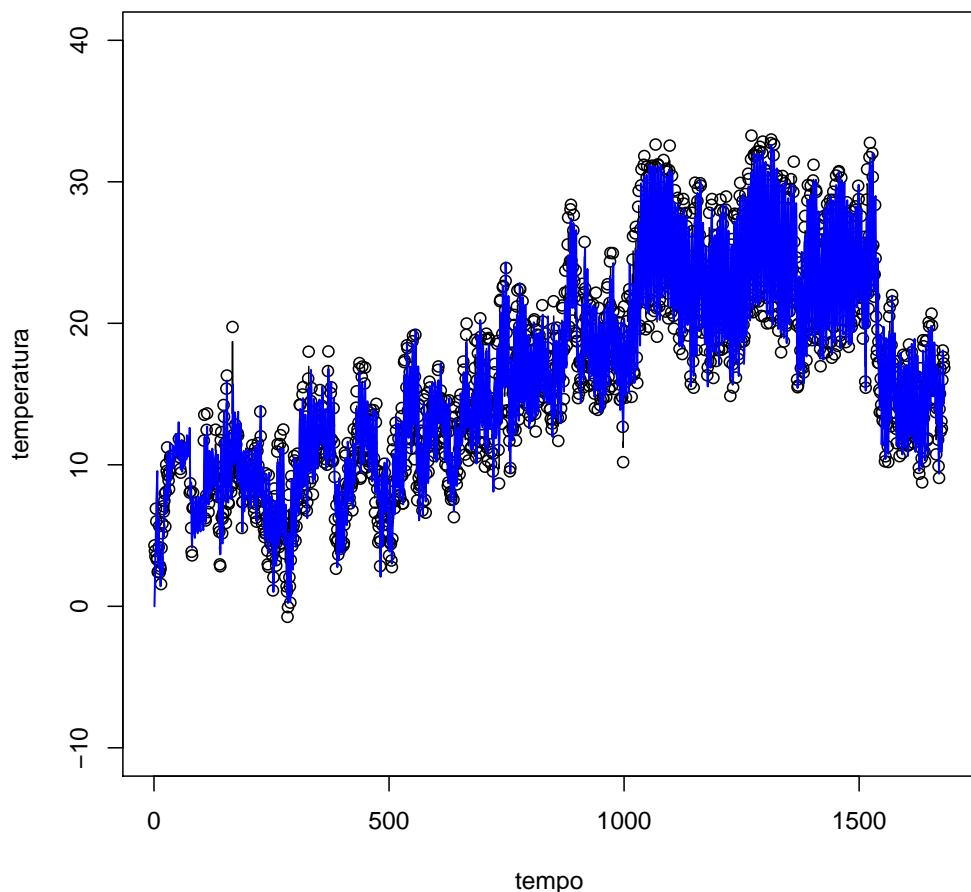


Figura 3: Imputazione dei dati mancanti - Master Vigna 1

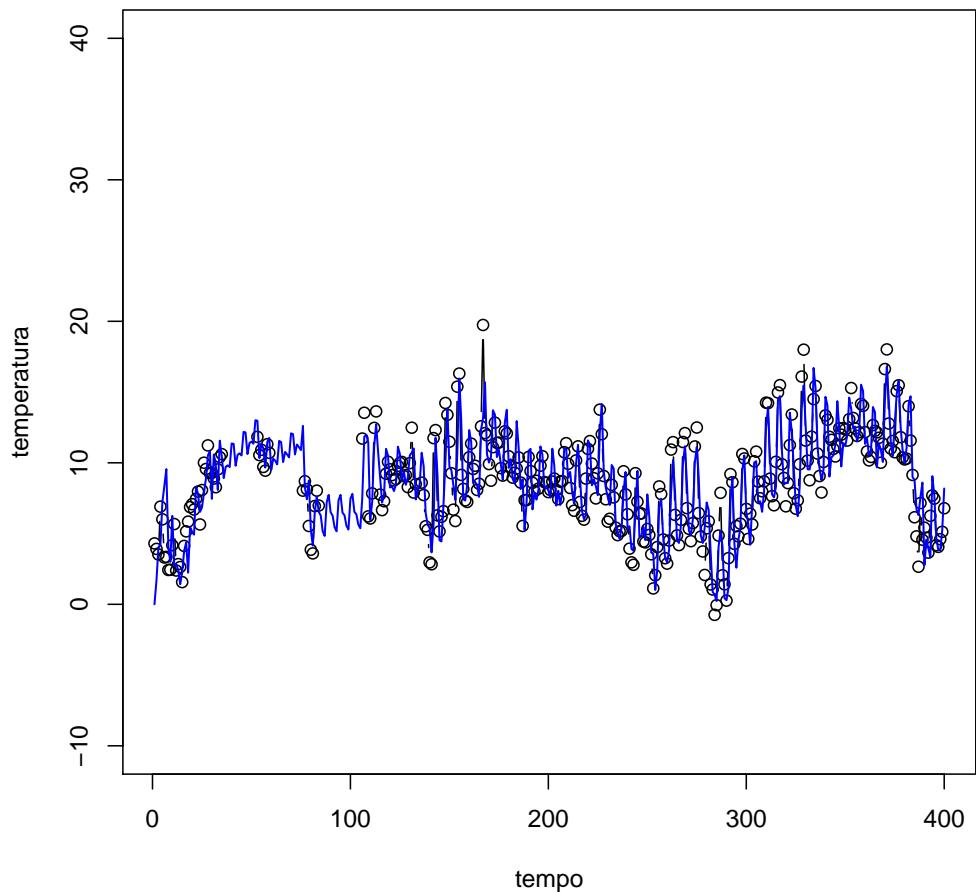


Figura 4: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Master Vigna
1

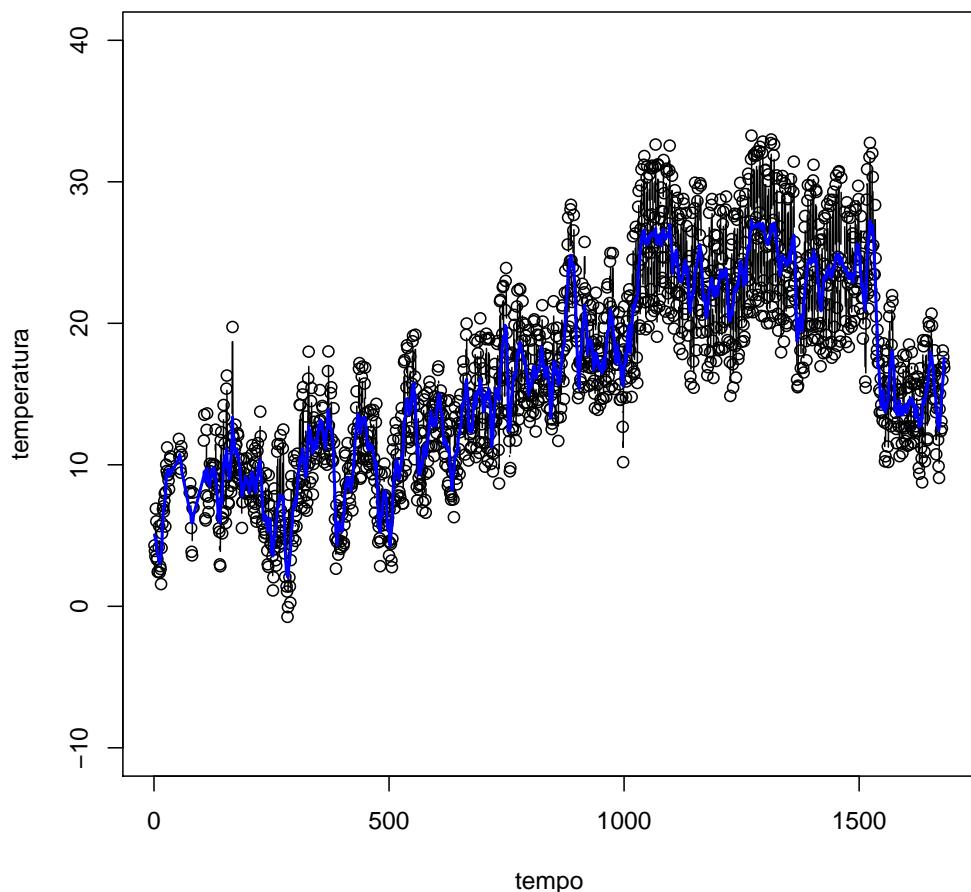


Figura 5: Smoother di Kalman - Master Vigna 1

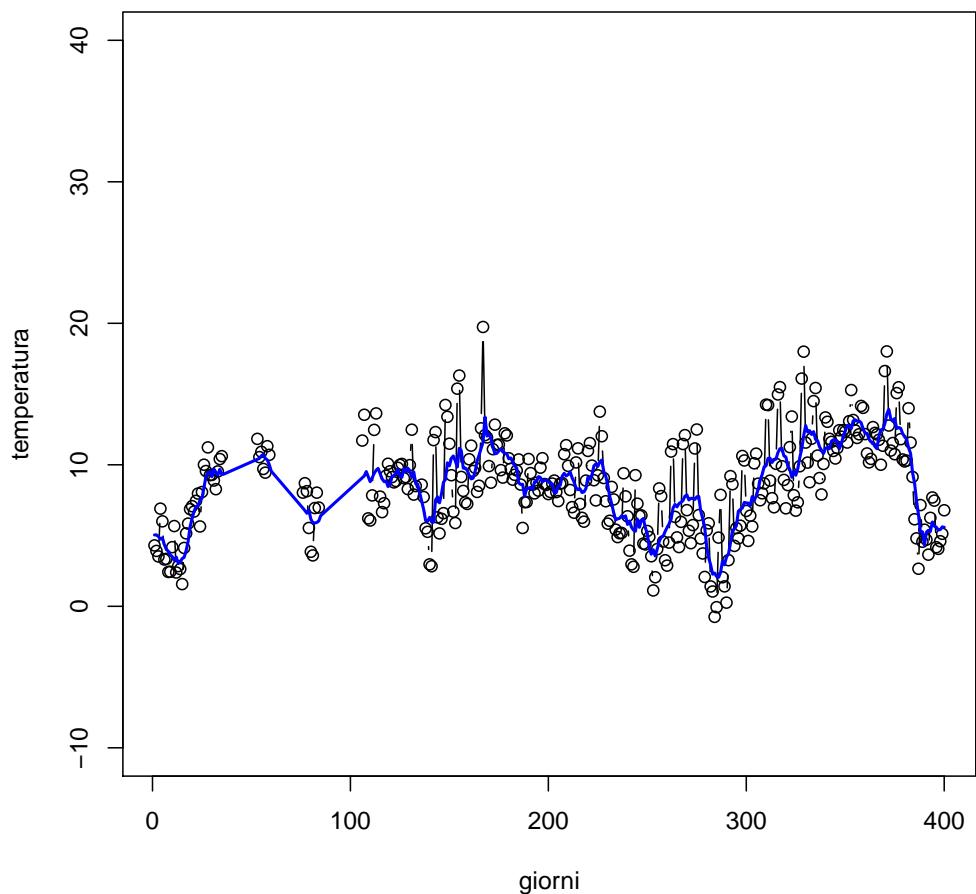


Figura 6: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Master Vigna 1

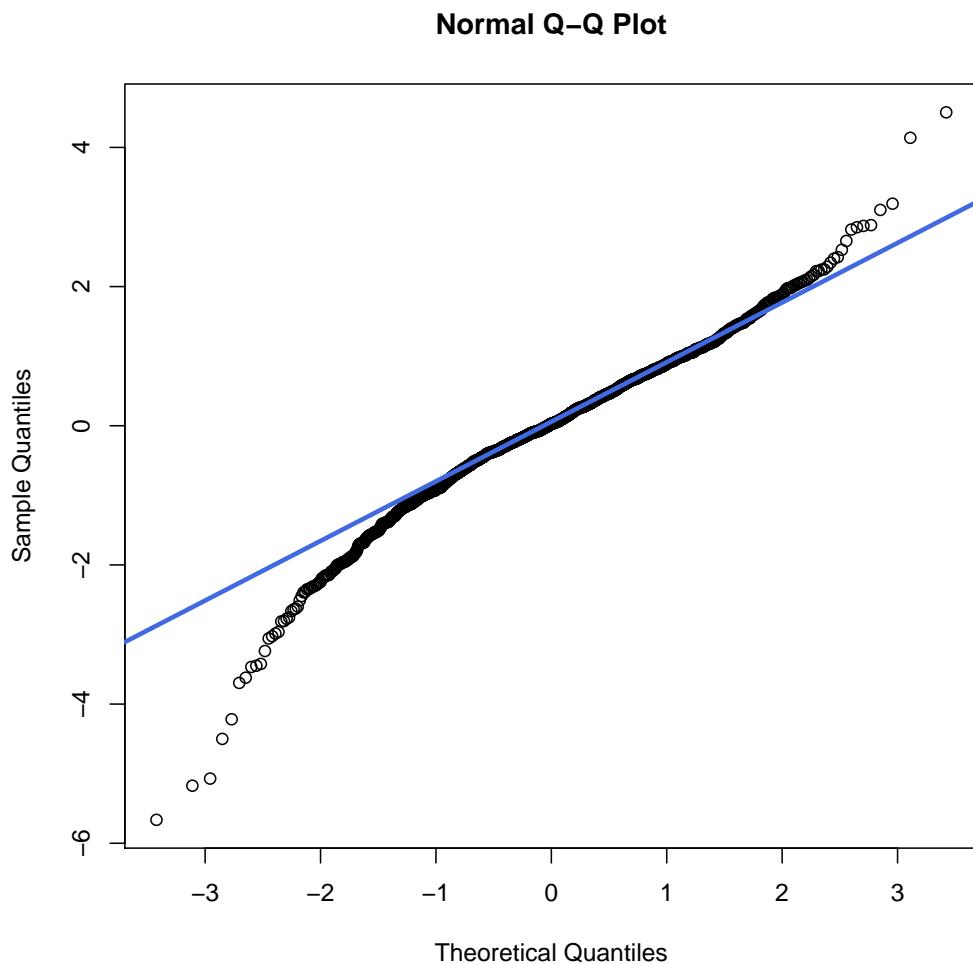


Figura 7: Q-Qplot - Master Vigna 1

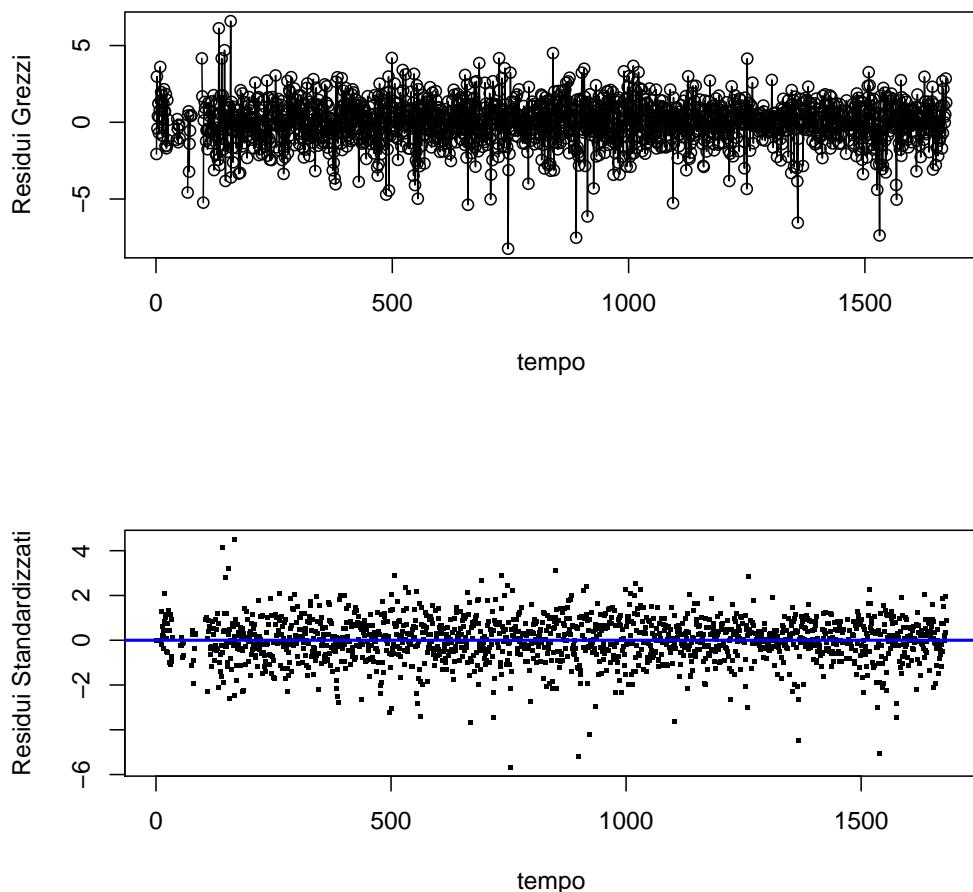


Figura 8: Analisi dei Residui - Master Vigna 1

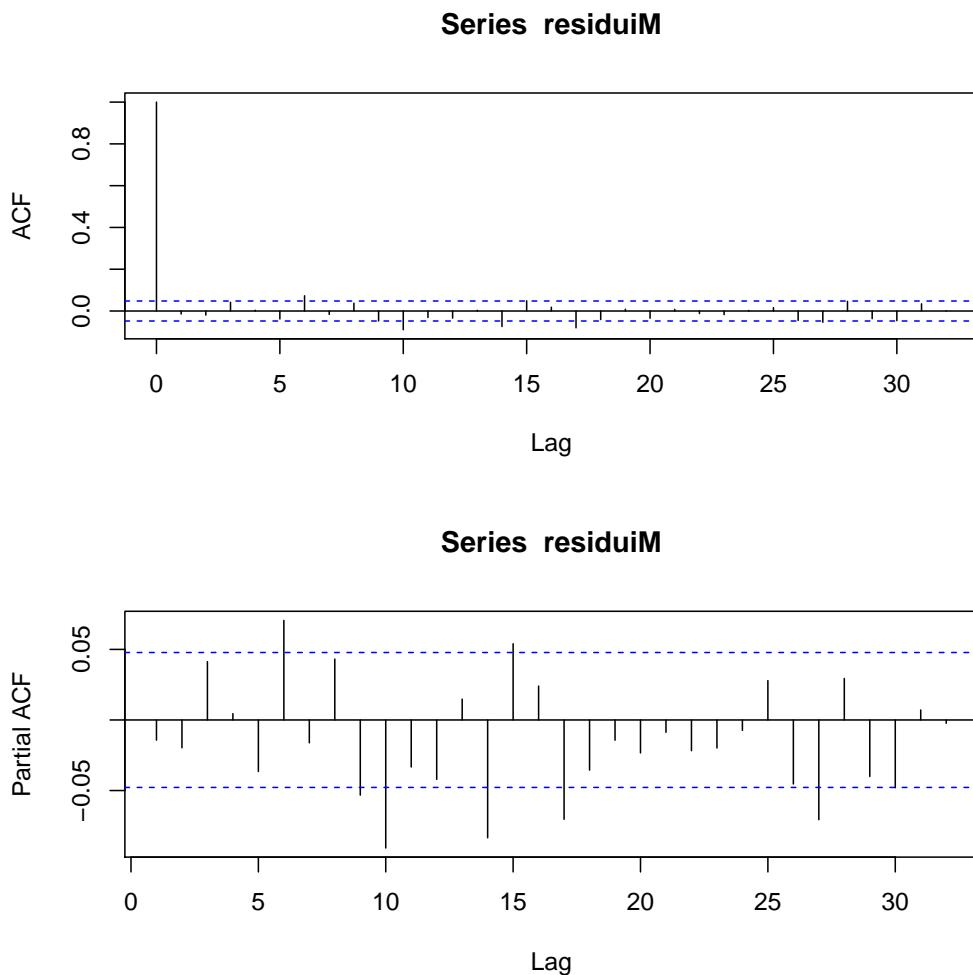


Figura 9: Grafici ACF e PACF - Master Vigna 1

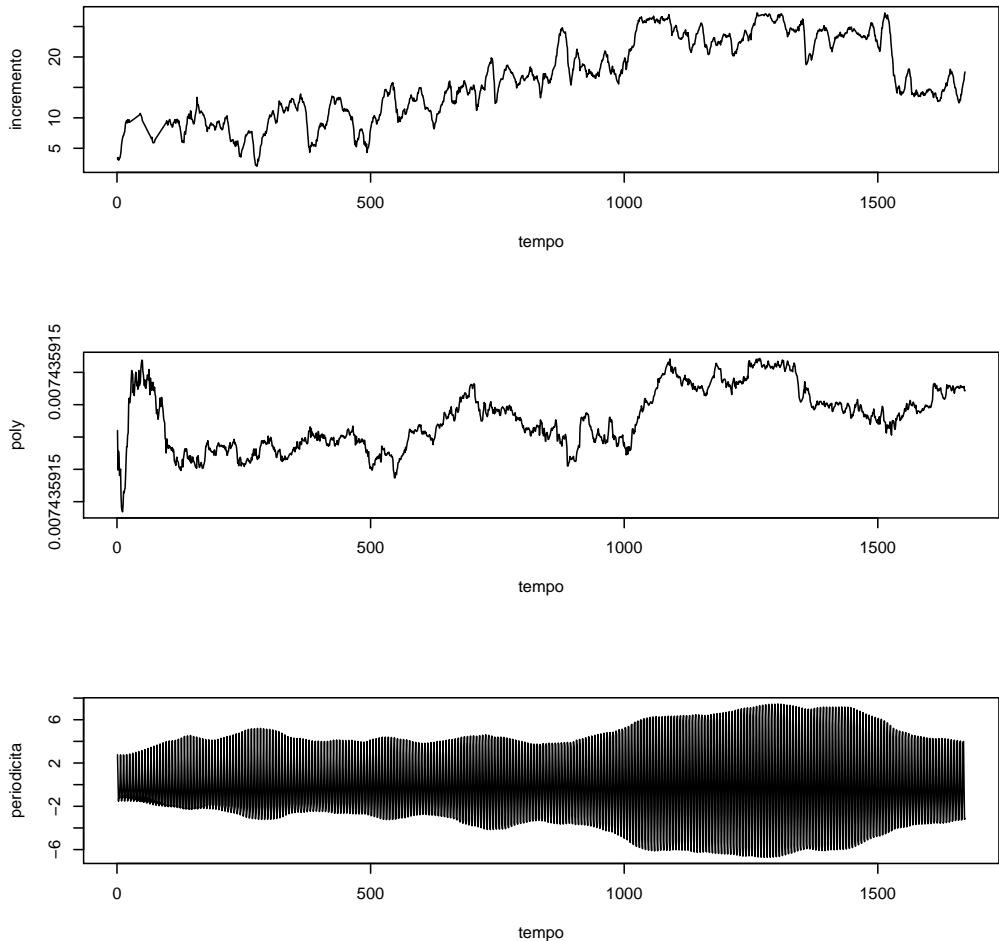


Figura 10: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Master Vigna 1

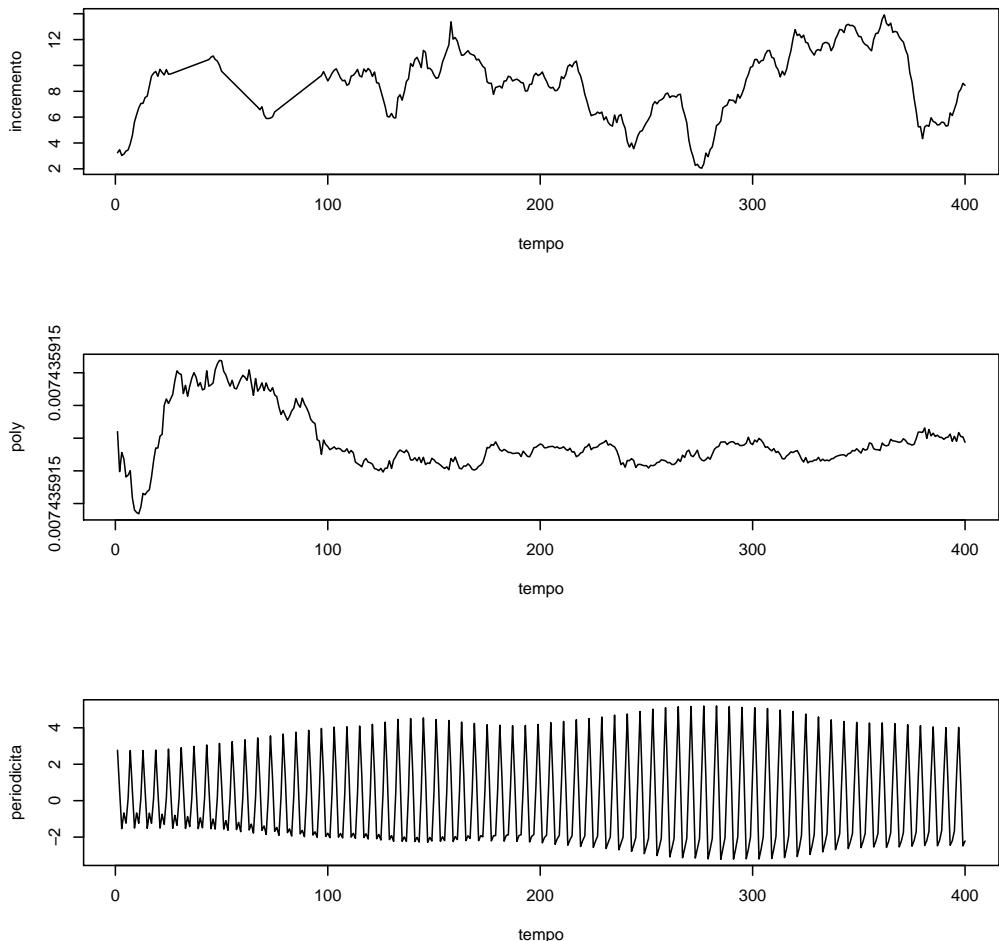


Figura 11: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Master Vigna 1

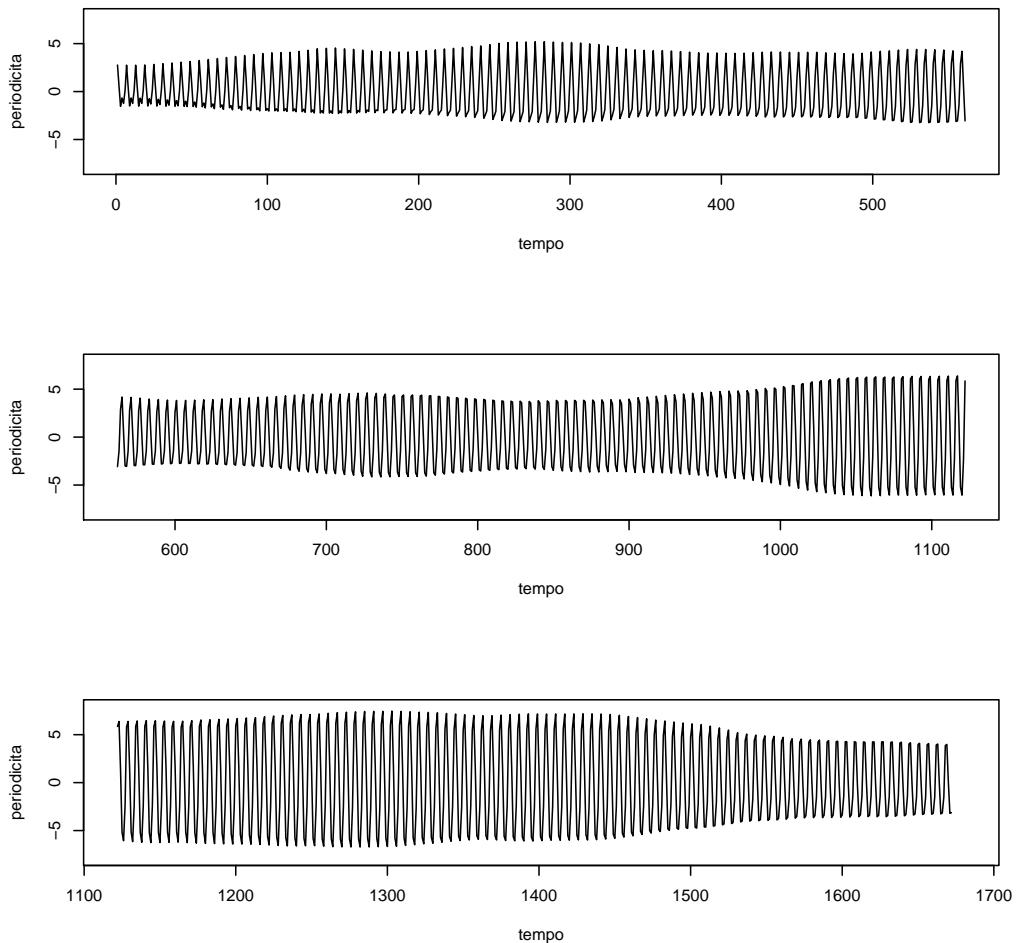


Figura 12: Componente Periodica - Master Vigna 1

3.1.2 Master Vigna 2

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

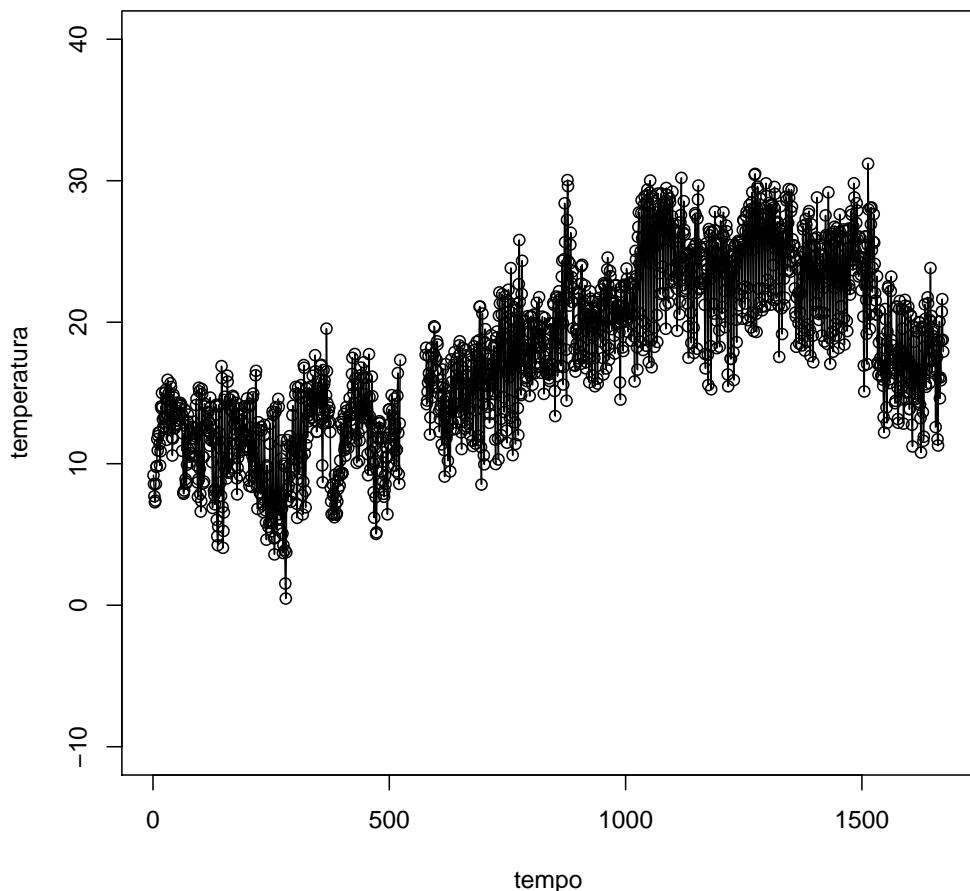


Figura 13: Dati Osservati - Master Vigna 2

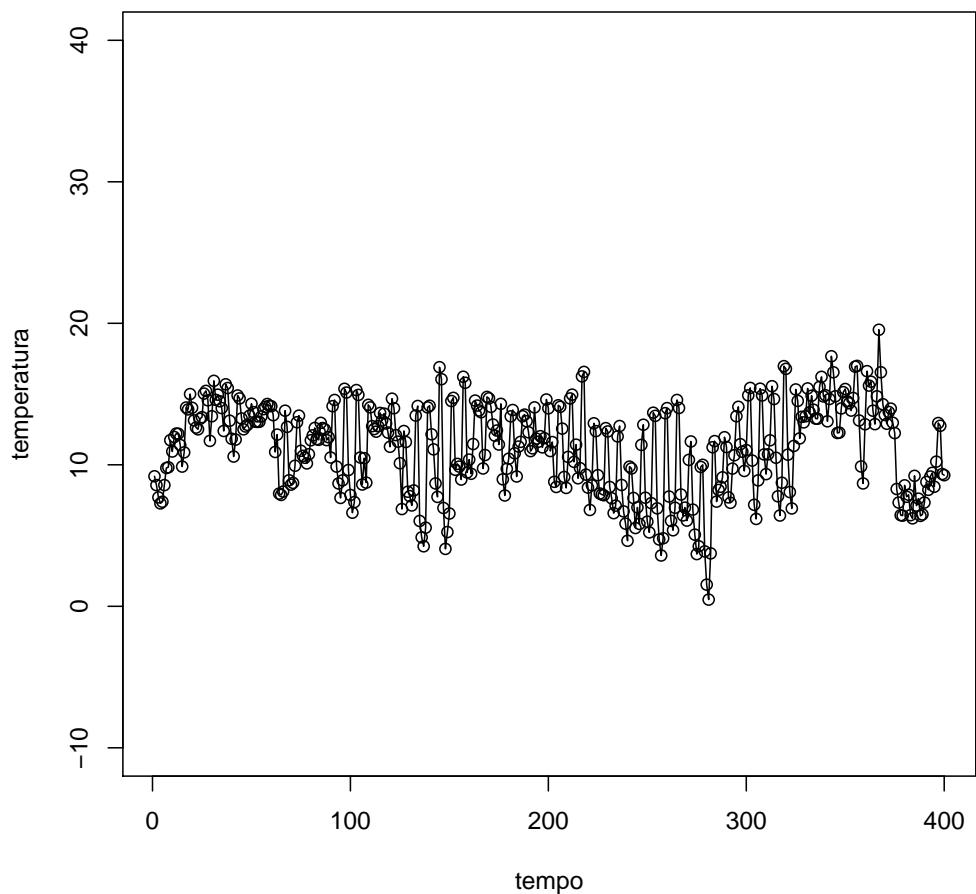


Figura 14: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Master Vigna 2

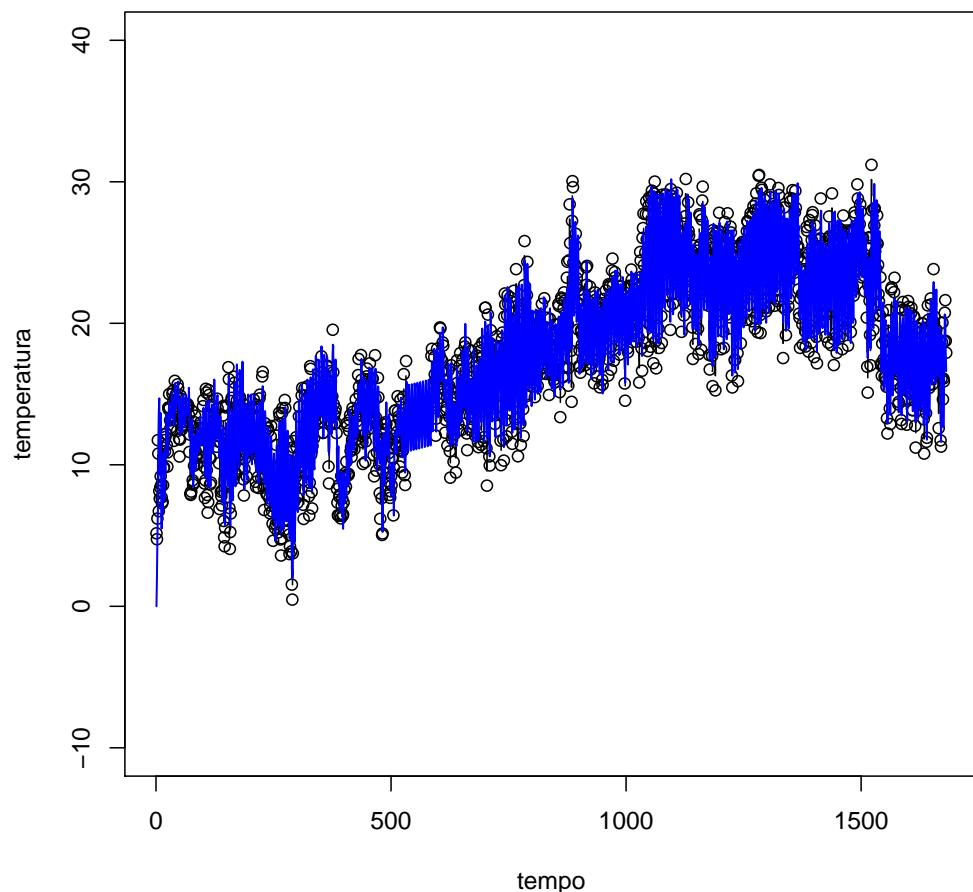


Figura 15: Imputazione dei dati mancanti - Master Vigna 2

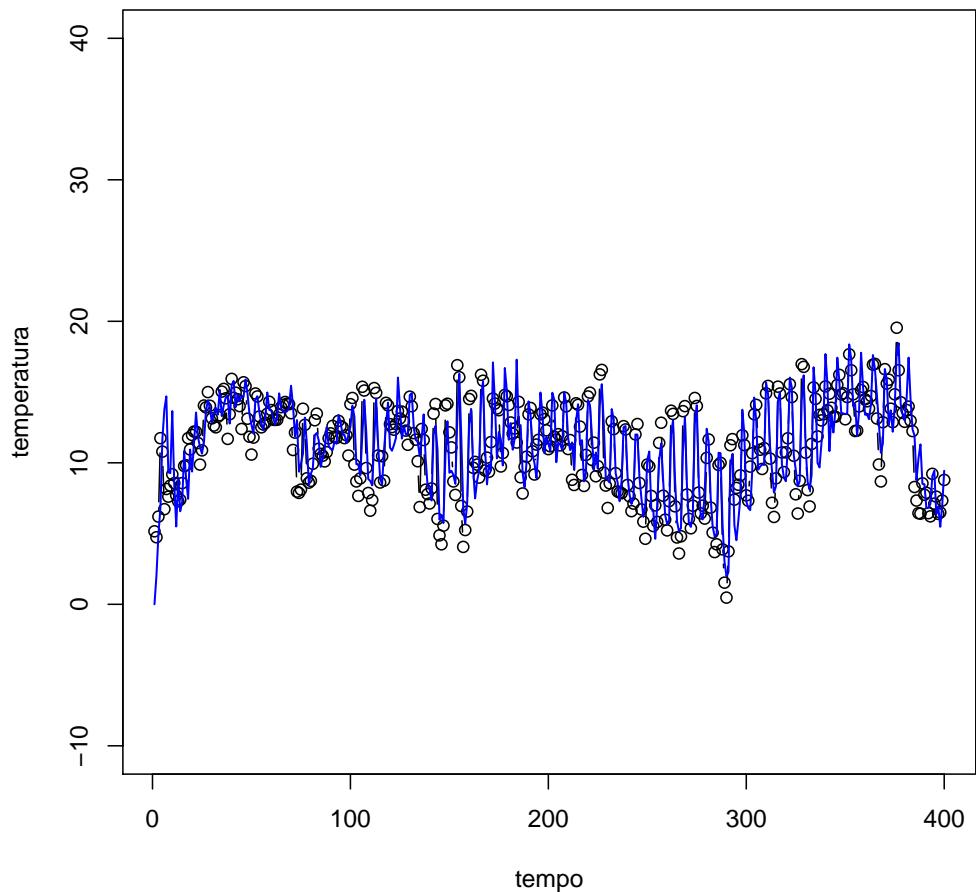


Figura 16: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Master Vigna
2

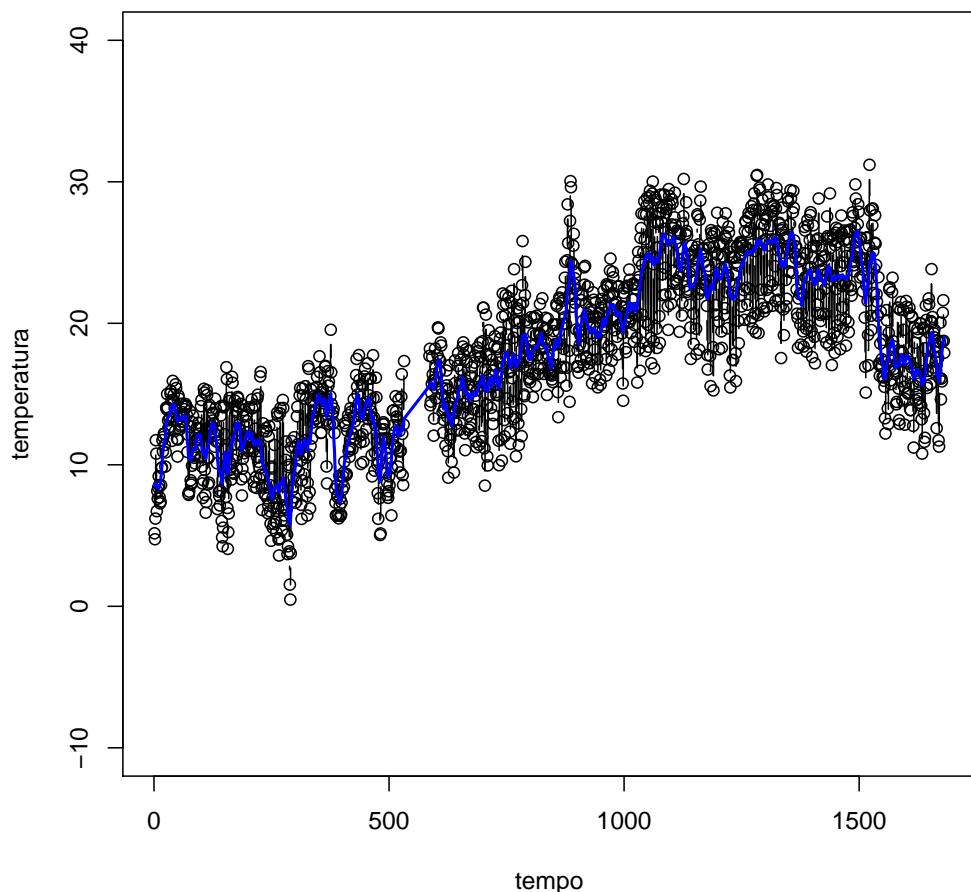


Figura 17: Smoother di Kalman - Master Vigna 2

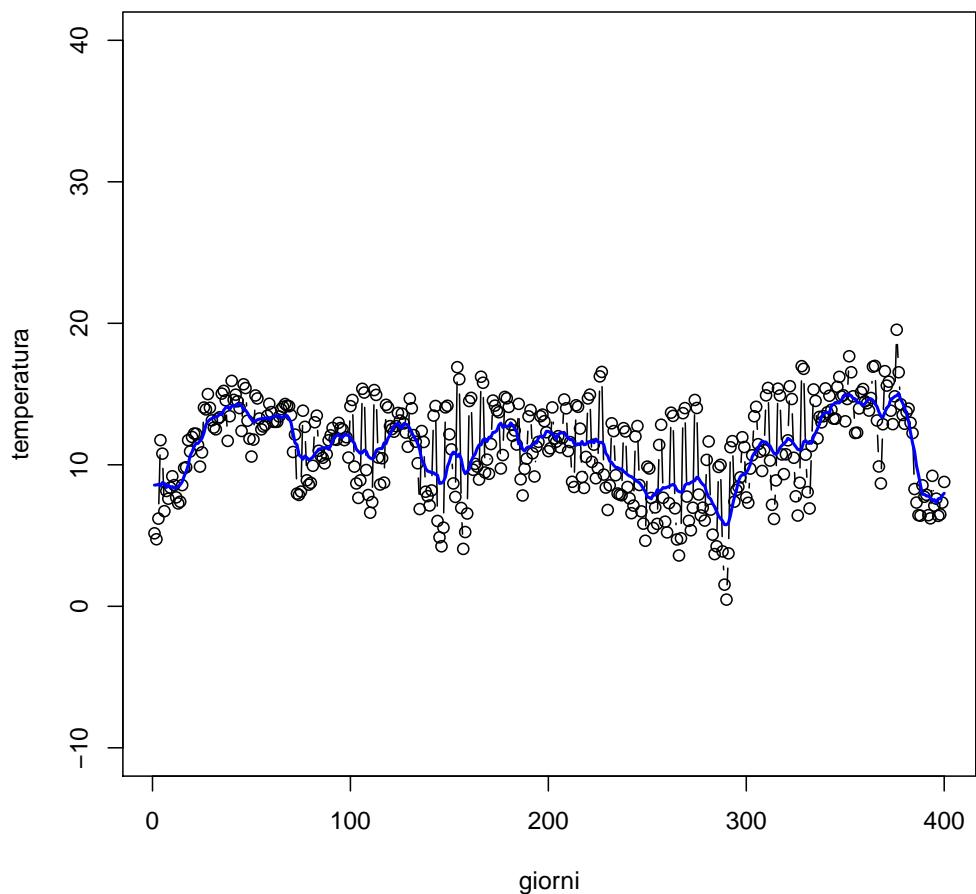


Figura 18: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Master Vigna 2

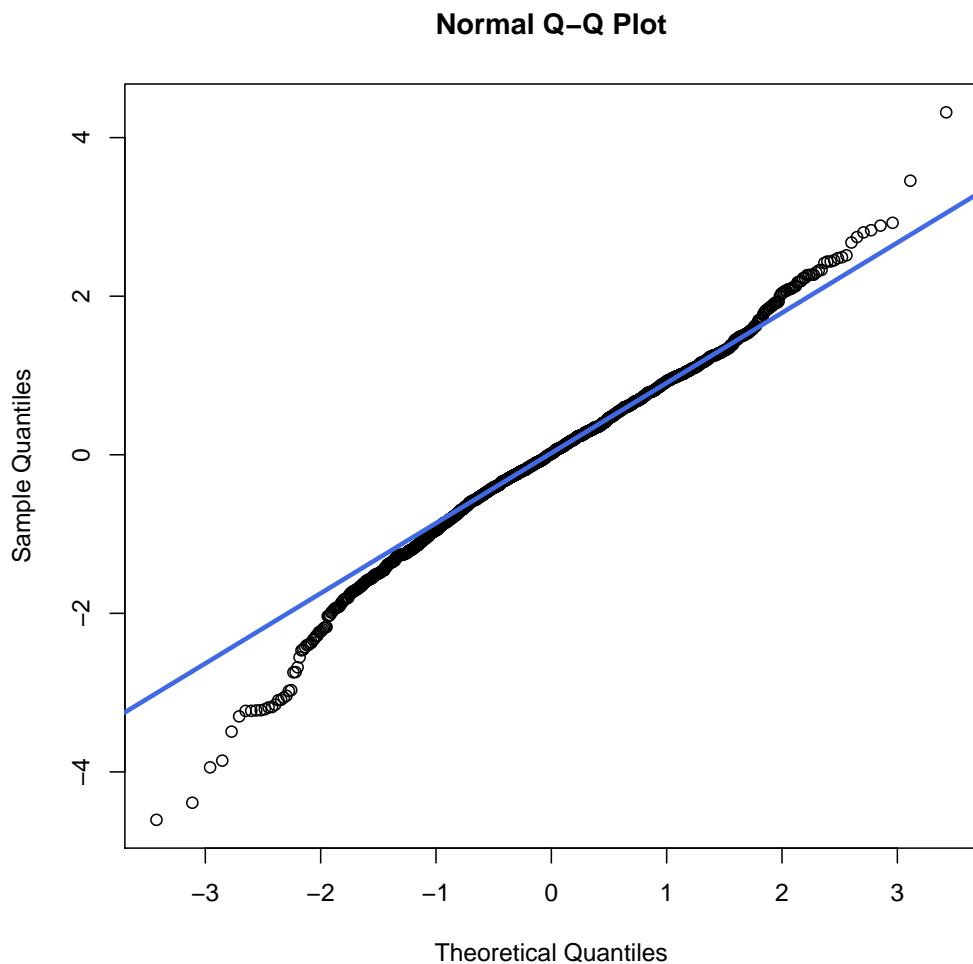


Figura 19: Q-Qplot - Master Vigna 2

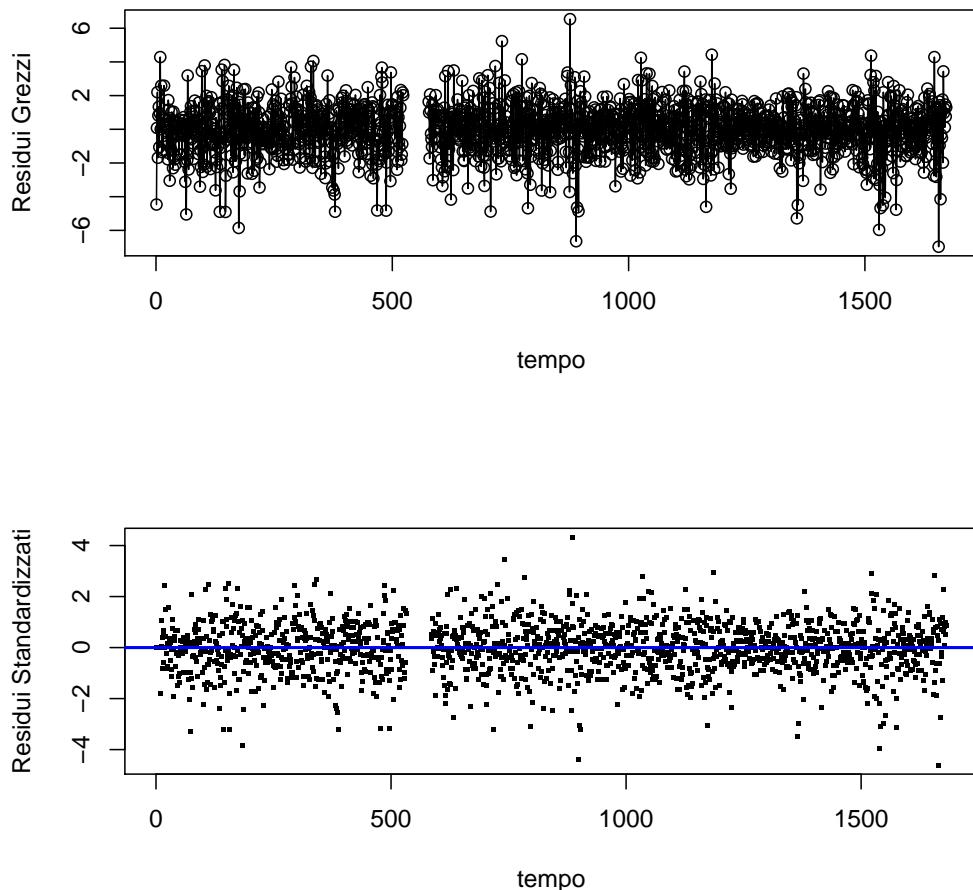


Figura 20: Analisi dei Residui - Master Vigna 2

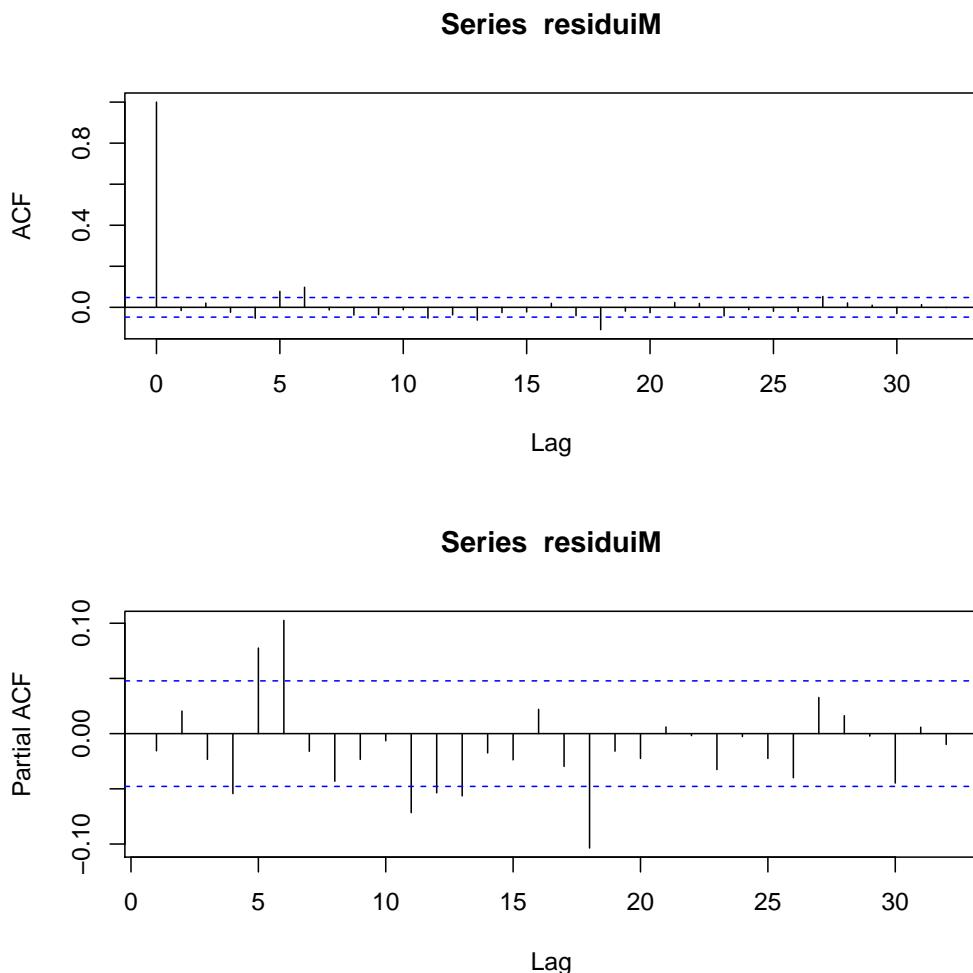


Figura 21: Grafici ACF e PACF - Master Vigna 2

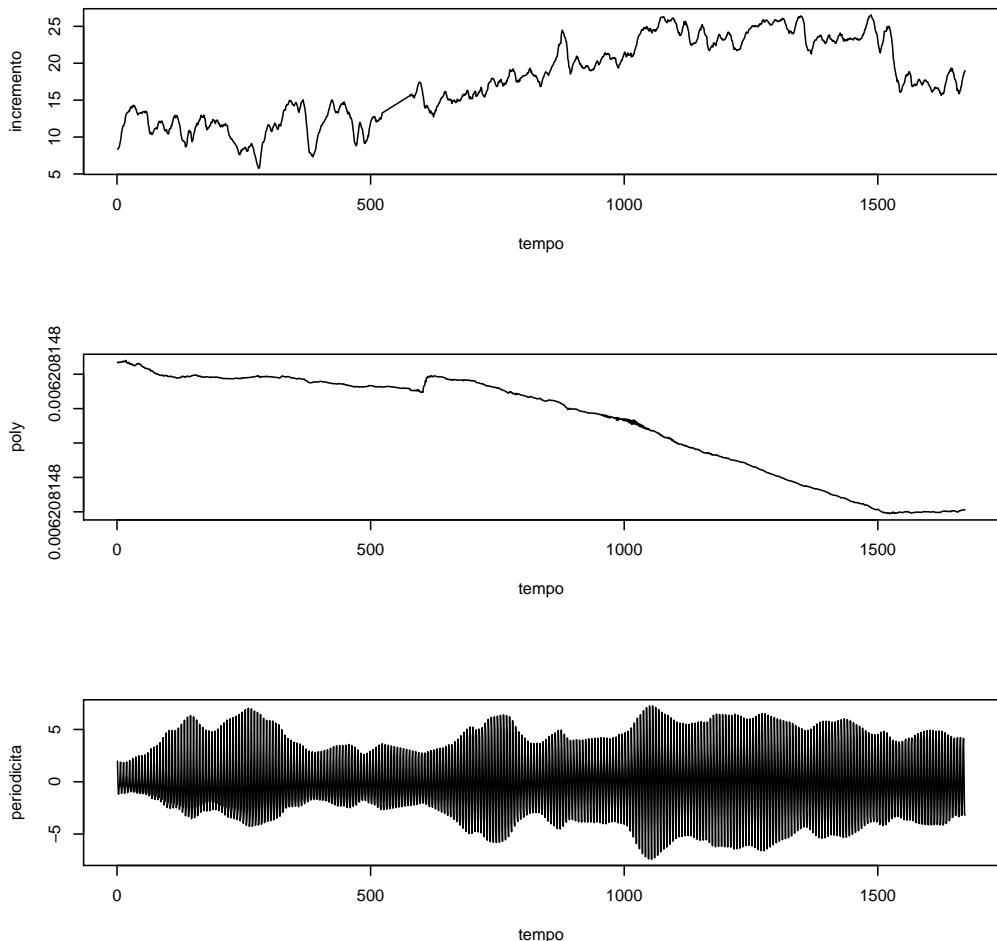


Figura 22: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Master Vigna 2

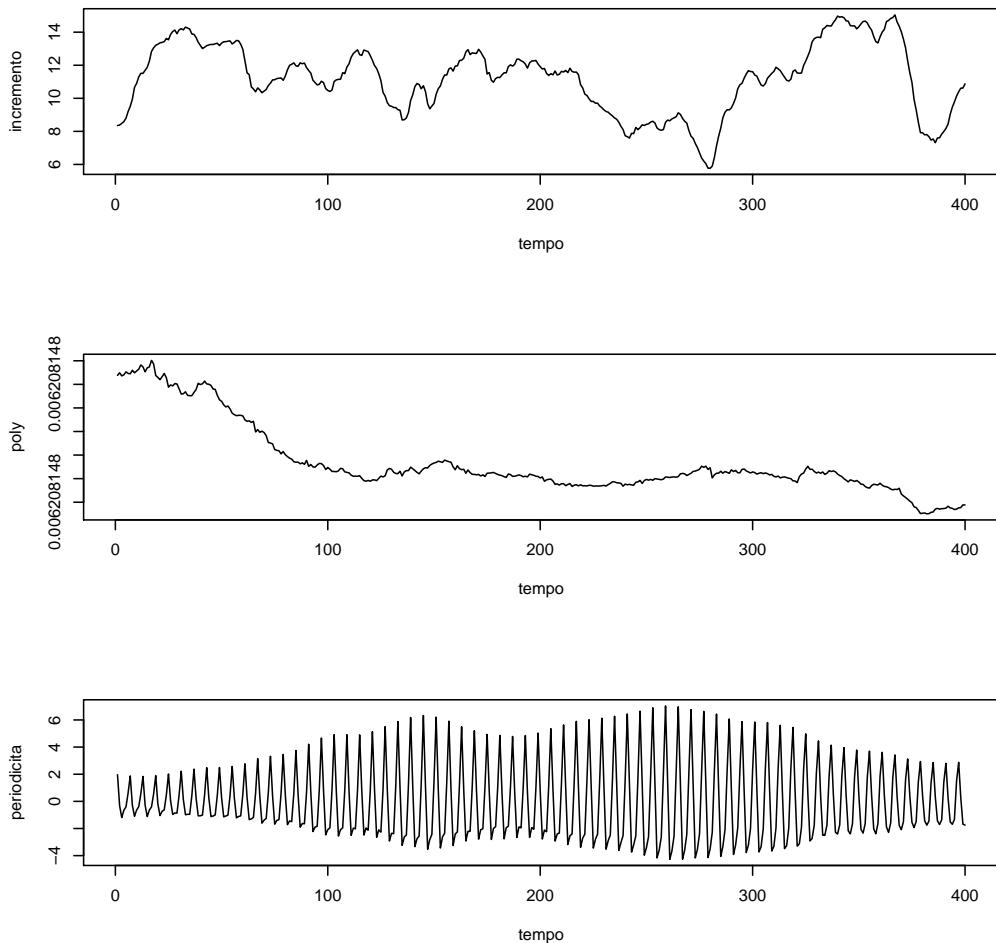


Figura 23: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Master Vigna 2

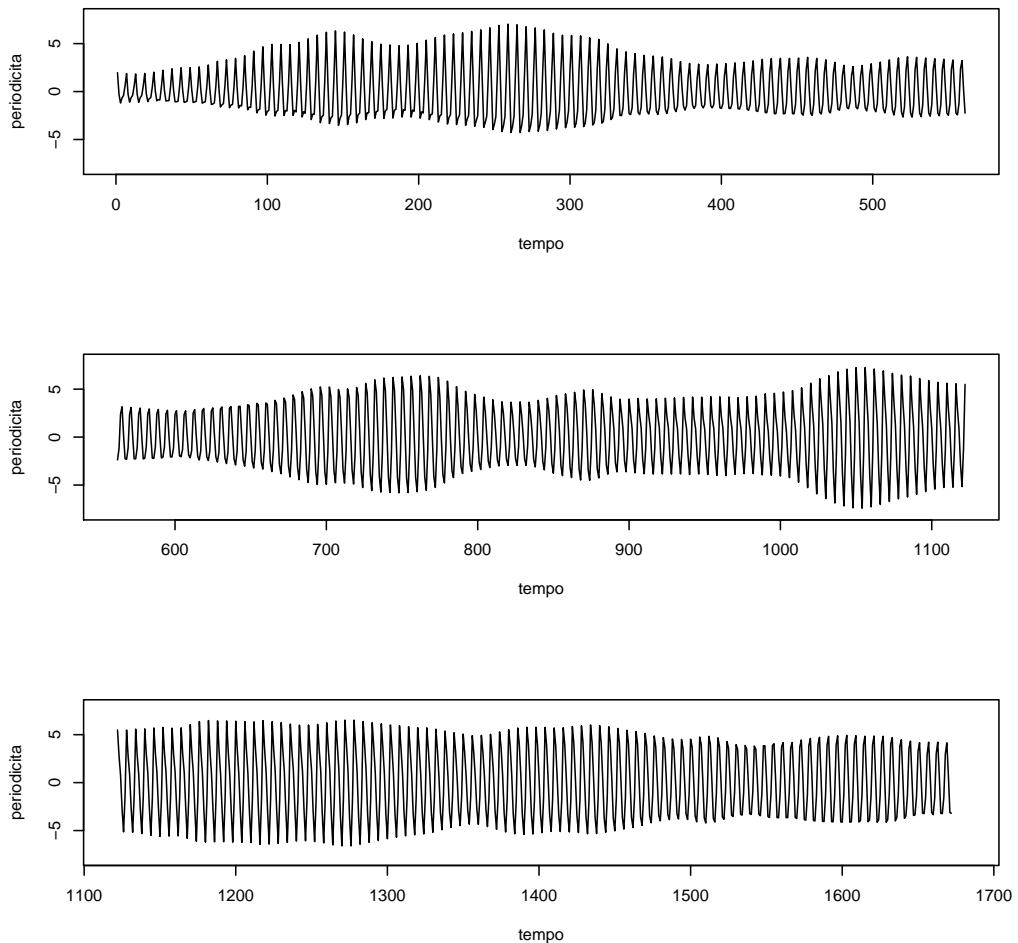


Figura 24: Componente Periodica - Master Vigna 2

3.1.3 Master Vigna 3

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 3.

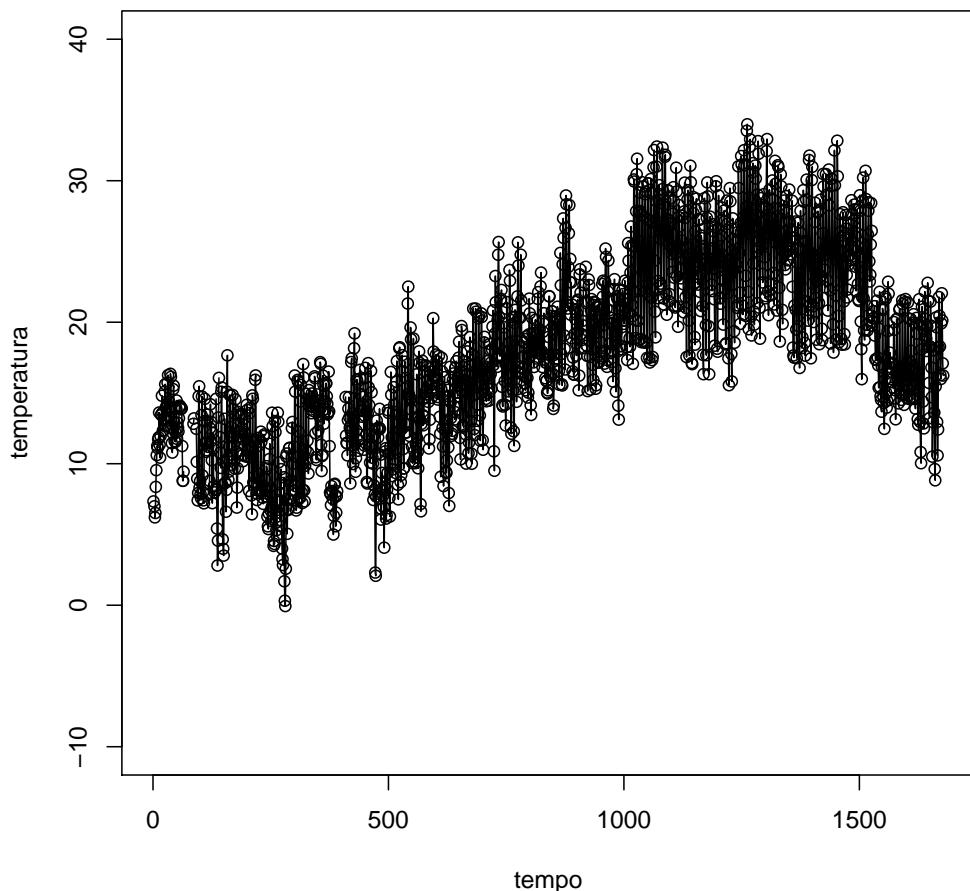


Figura 25: Dati Osservati - Master Vigna 3

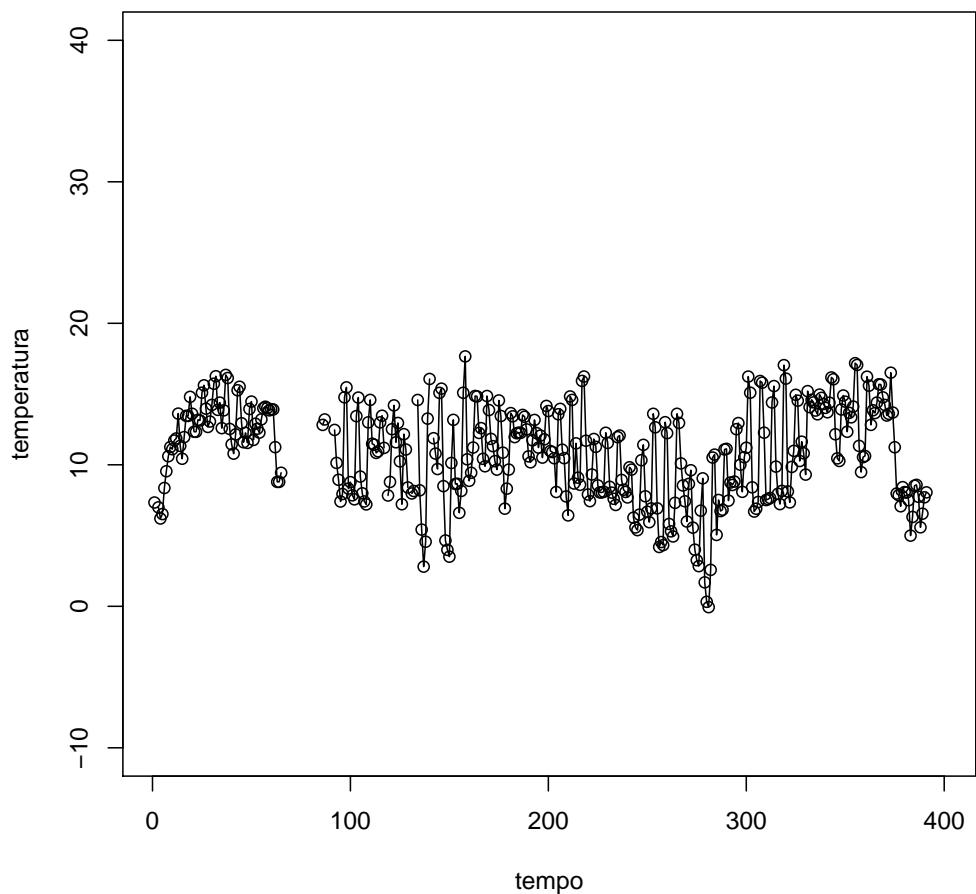


Figura 26: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Master Vigna 3

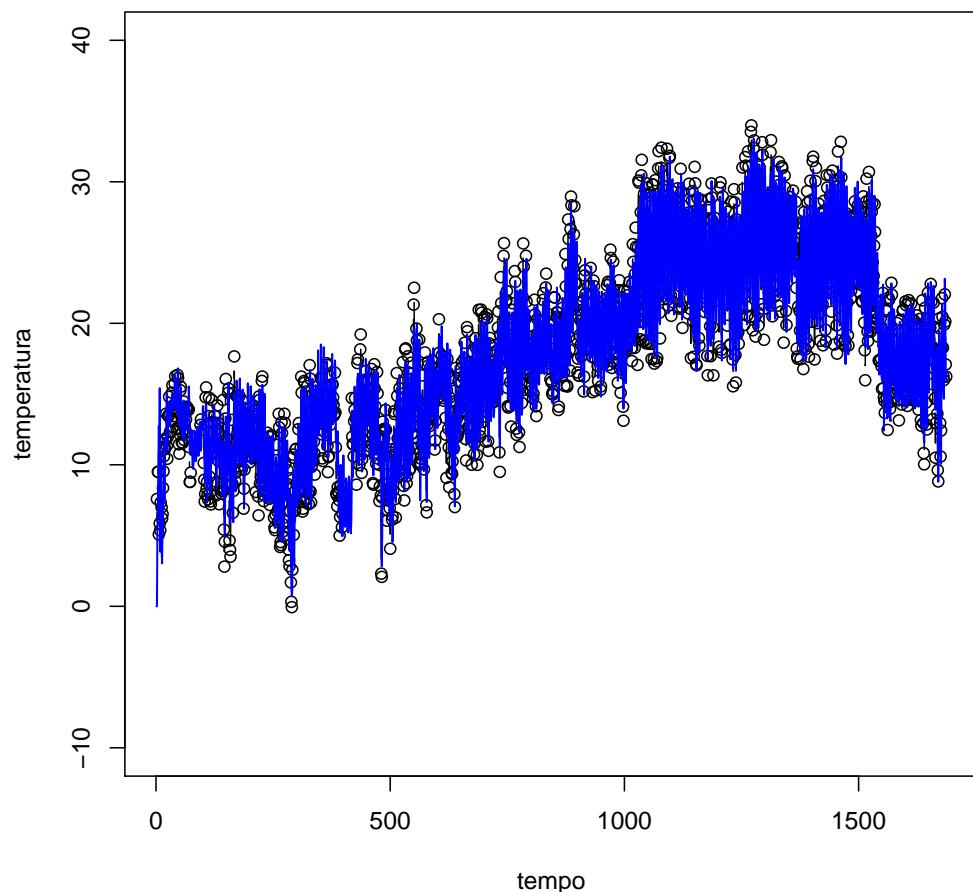


Figura 27: Imputazione dei dati mancanti - Master Vigna 3

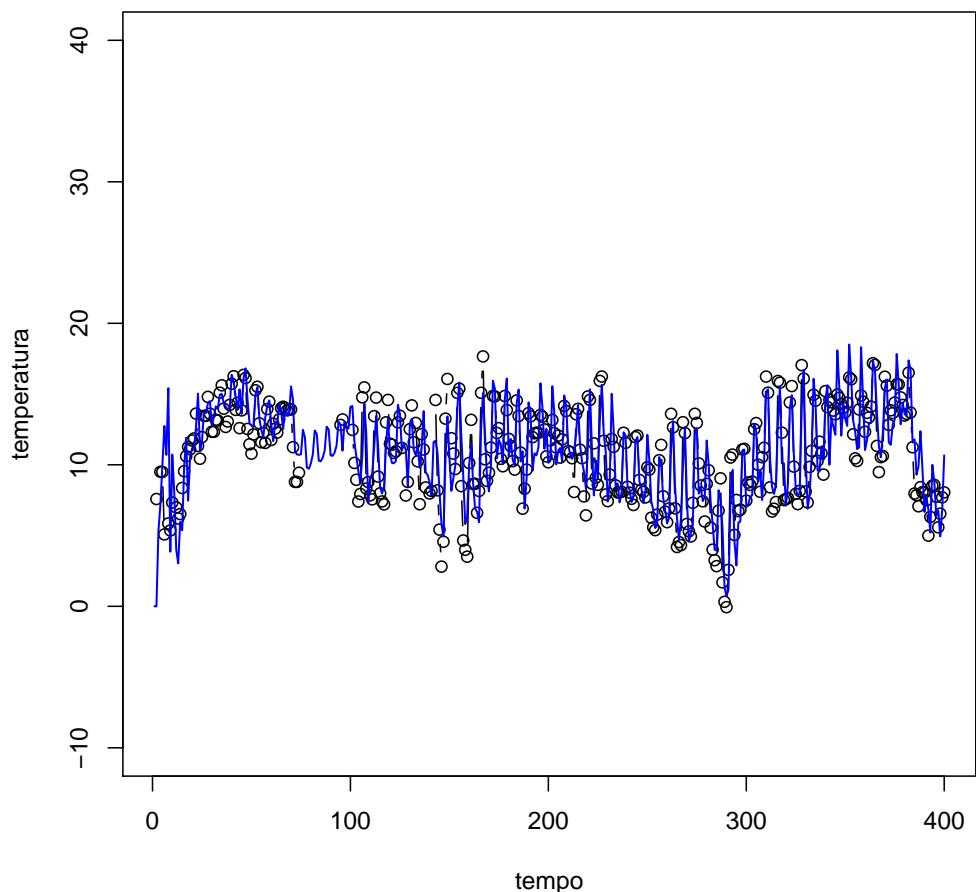


Figura 28: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Master Vigna
3

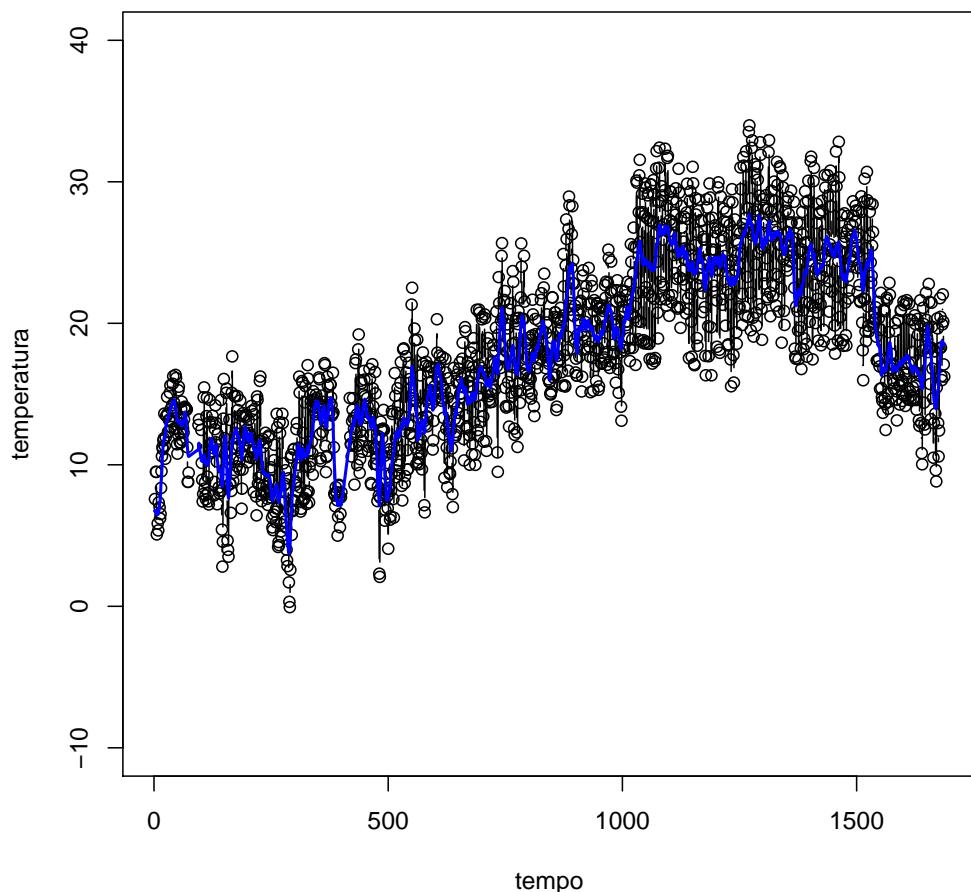


Figura 29: Smoother di Kalman - Master Vigna 3

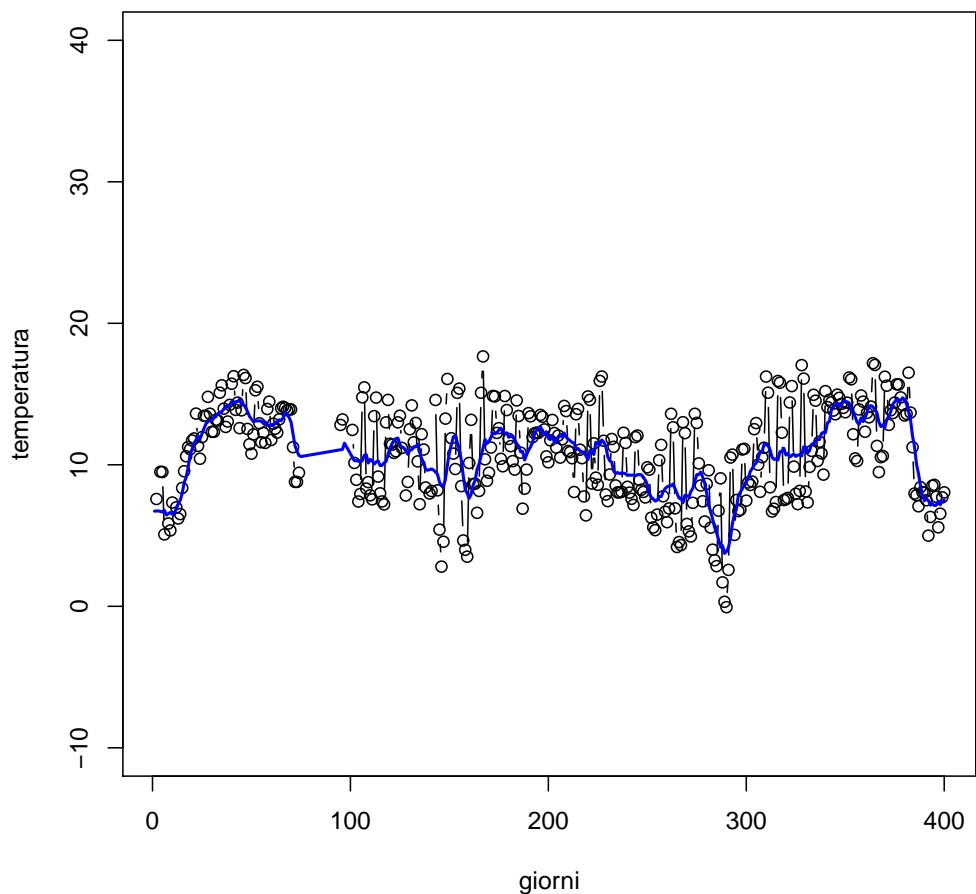


Figura 30: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Master Vigna 3

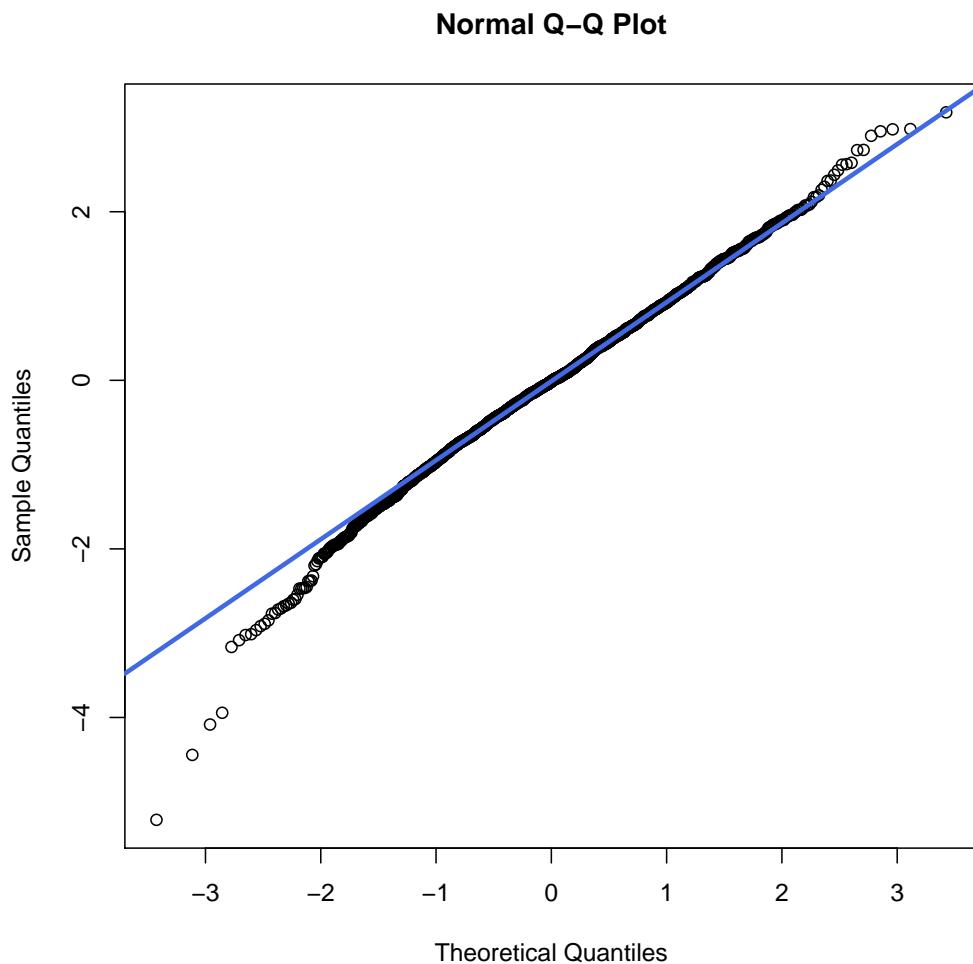


Figura 31: Q-Qplot - Master Vigna 3

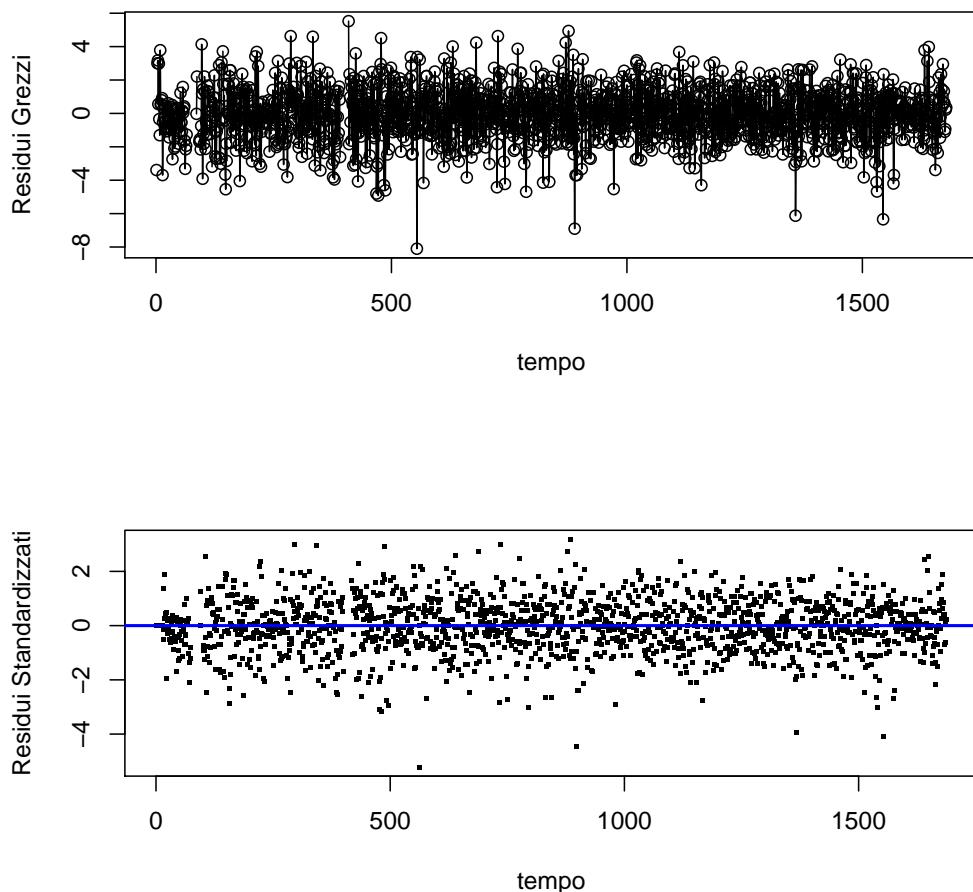


Figura 32: Analisi dei Residui - Master Vigna 3

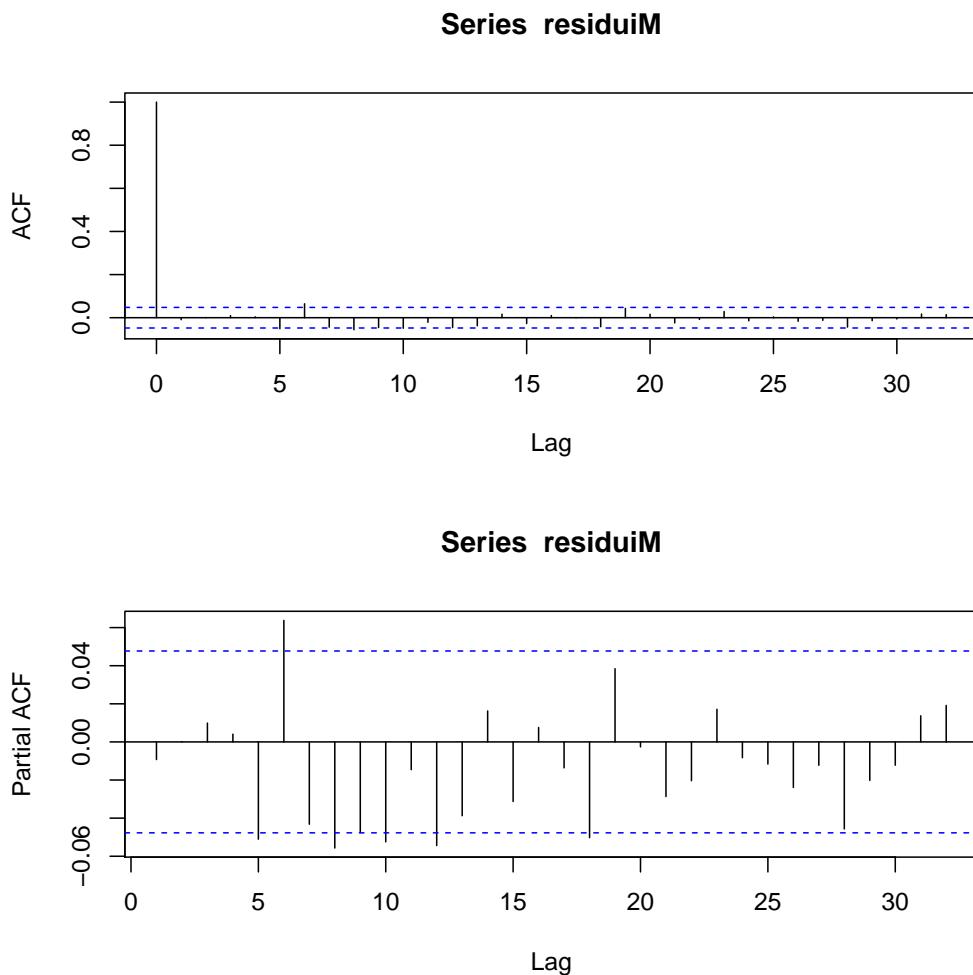


Figura 33: Grafici ACF e PACF - Master Vigna 3

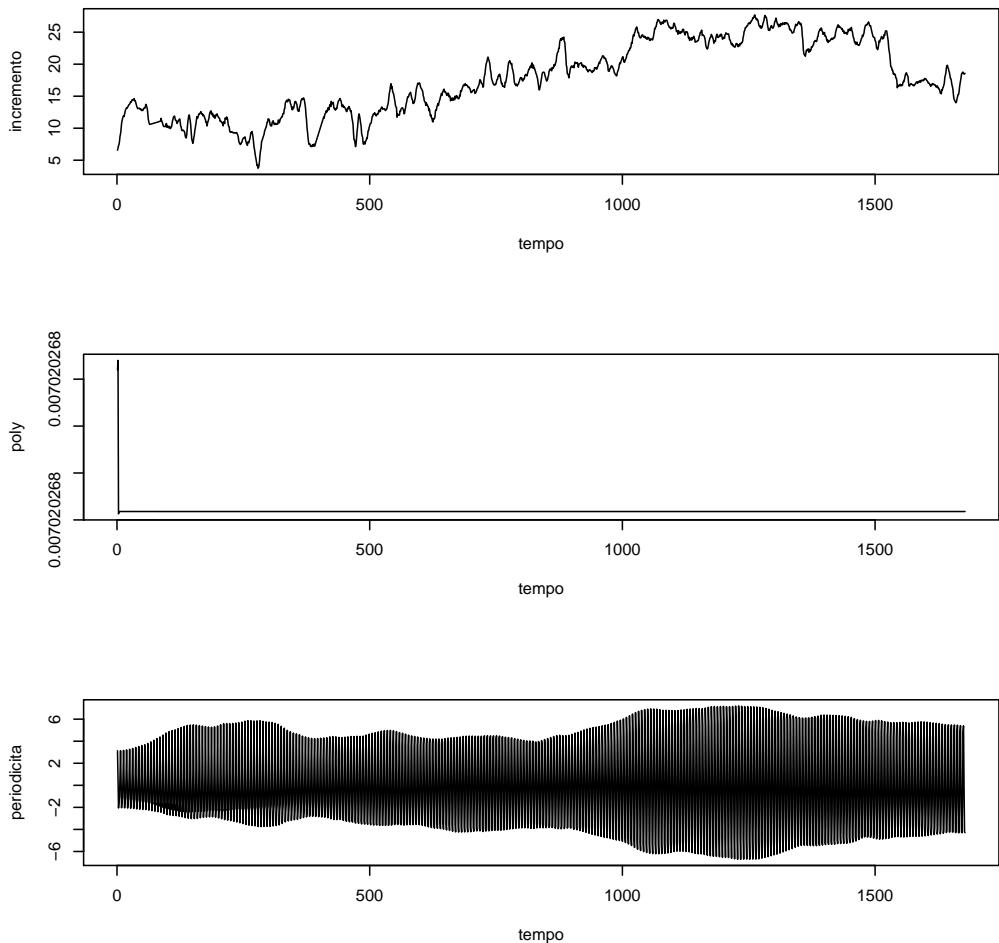


Figura 34: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Master Vigna 3

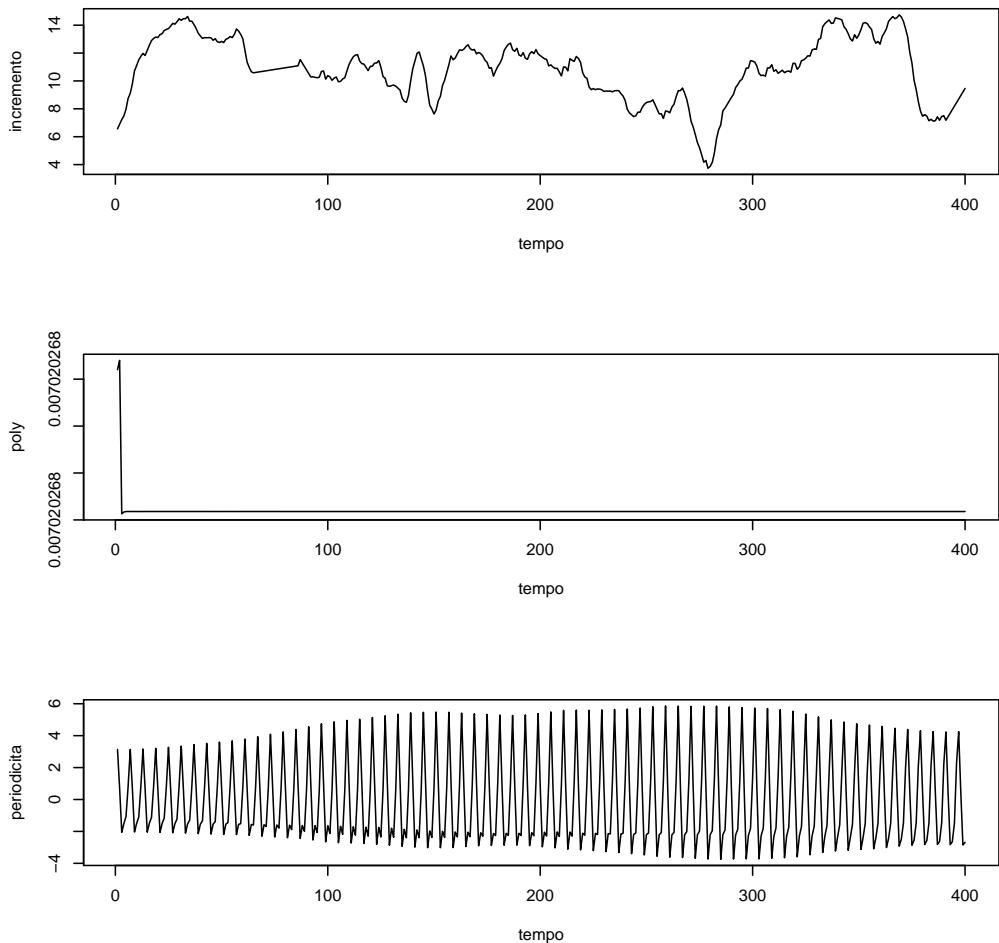


Figura 35: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Master Vigna 3

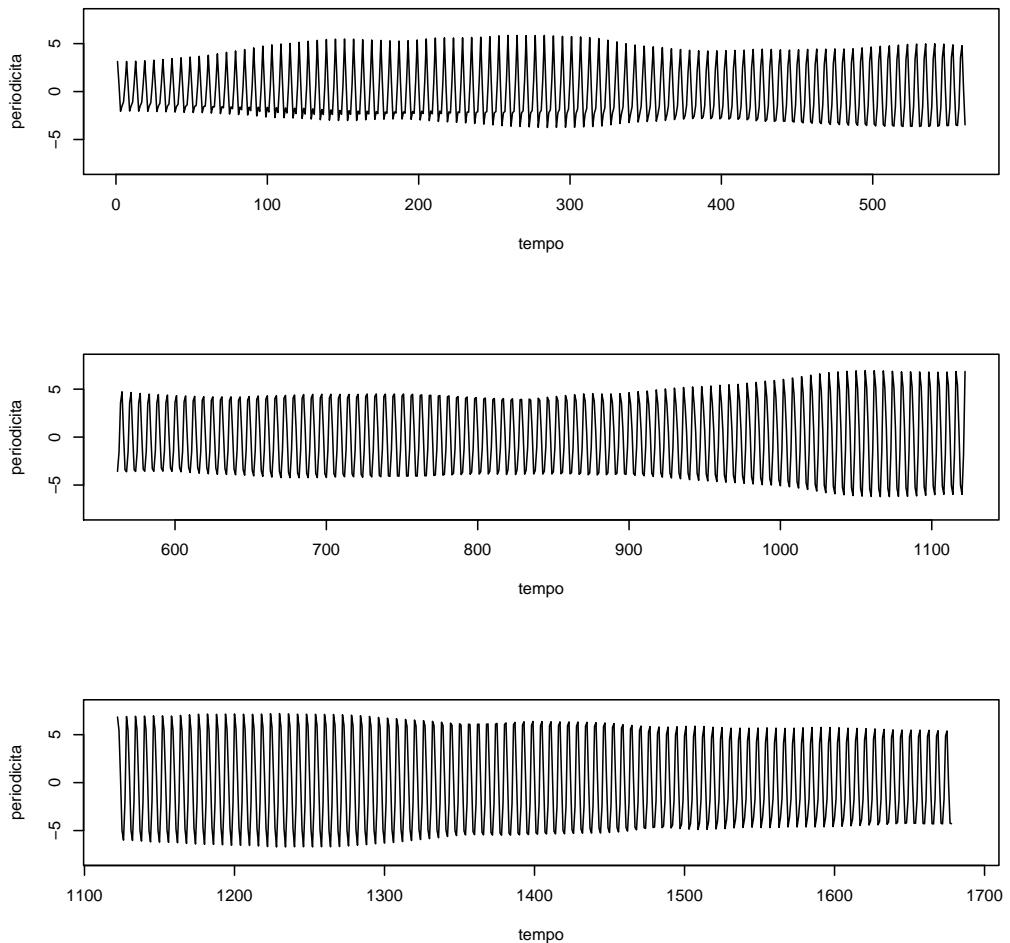


Figura 36: Componente Periodica - Master Vigna 3

3.1.4 Master Vigna 4

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

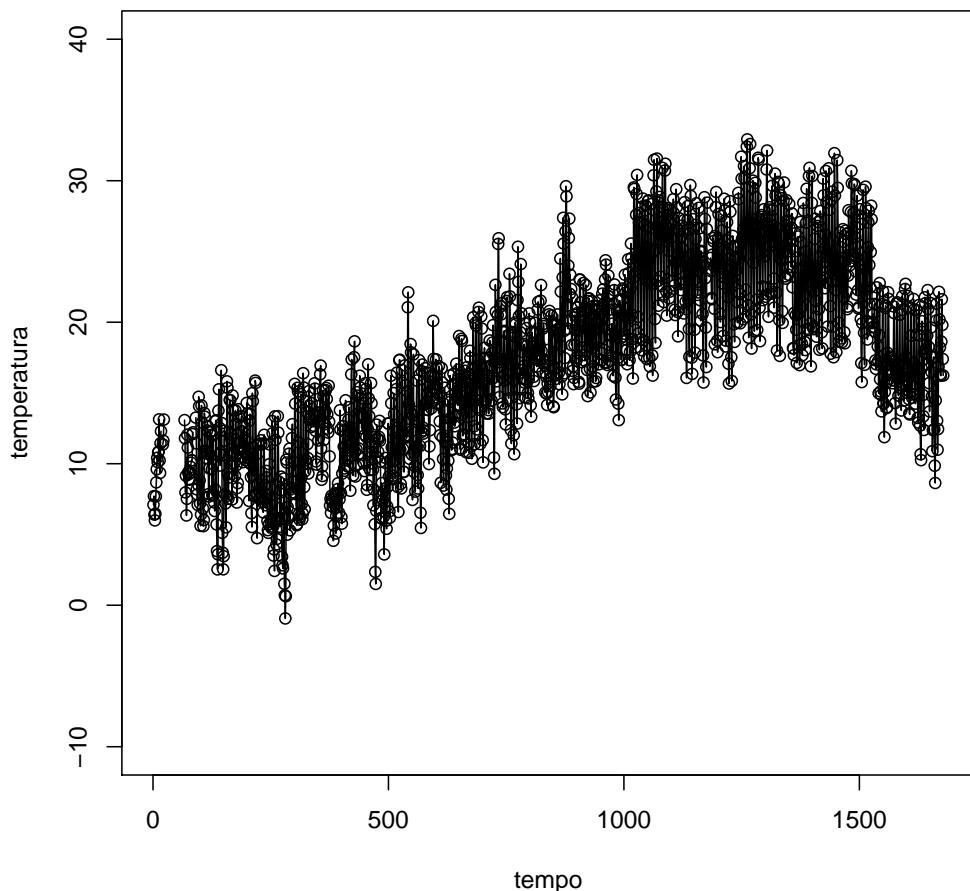


Figura 37: Dati Osservati - Master Vigna 4

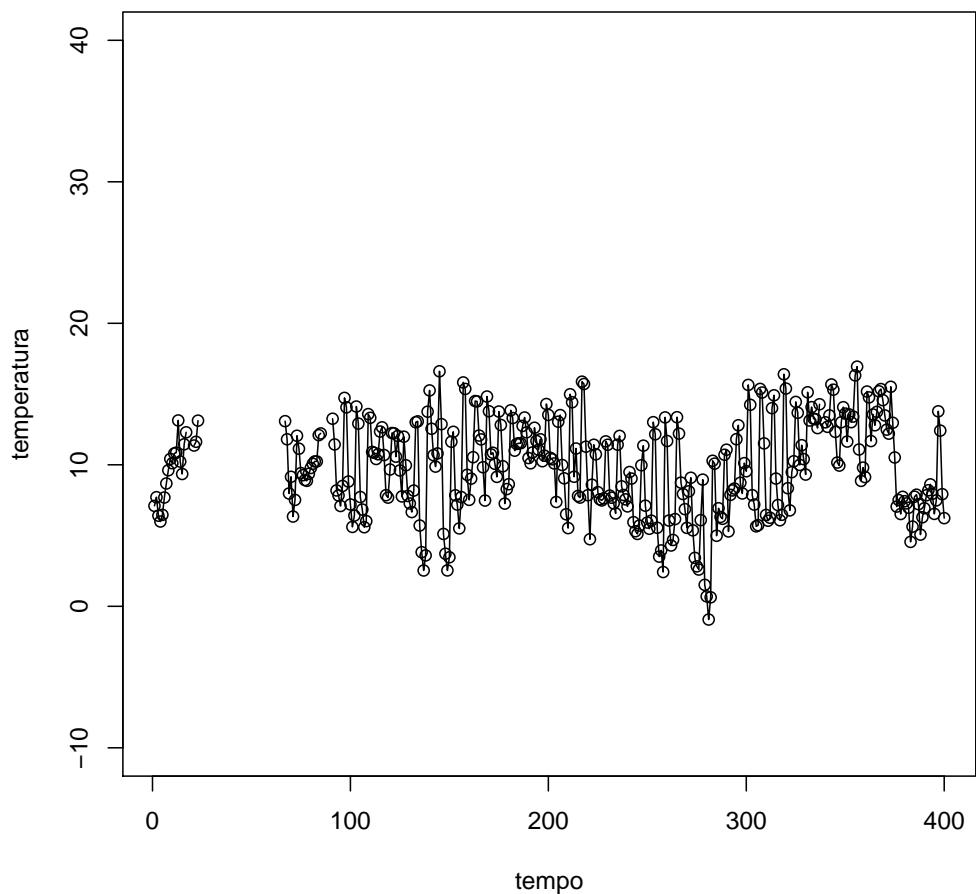


Figura 38: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Master Vigna 4

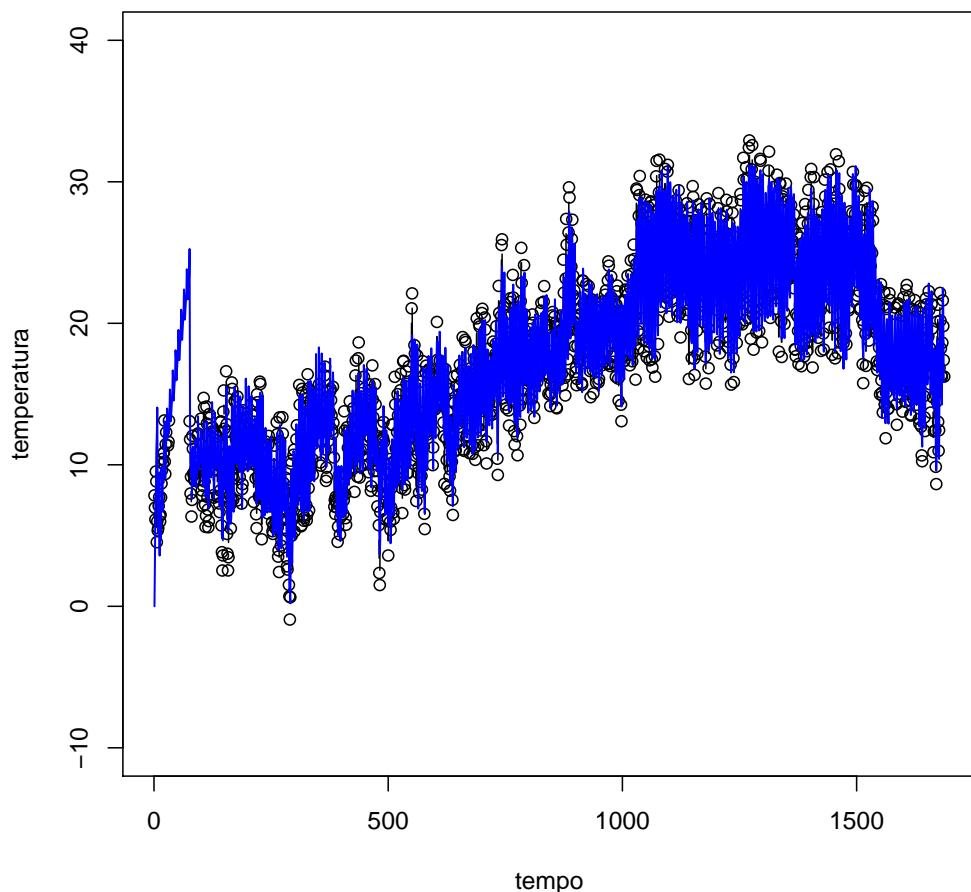


Figura 39: Imputazione dei dati mancanti - Master Vigna 4

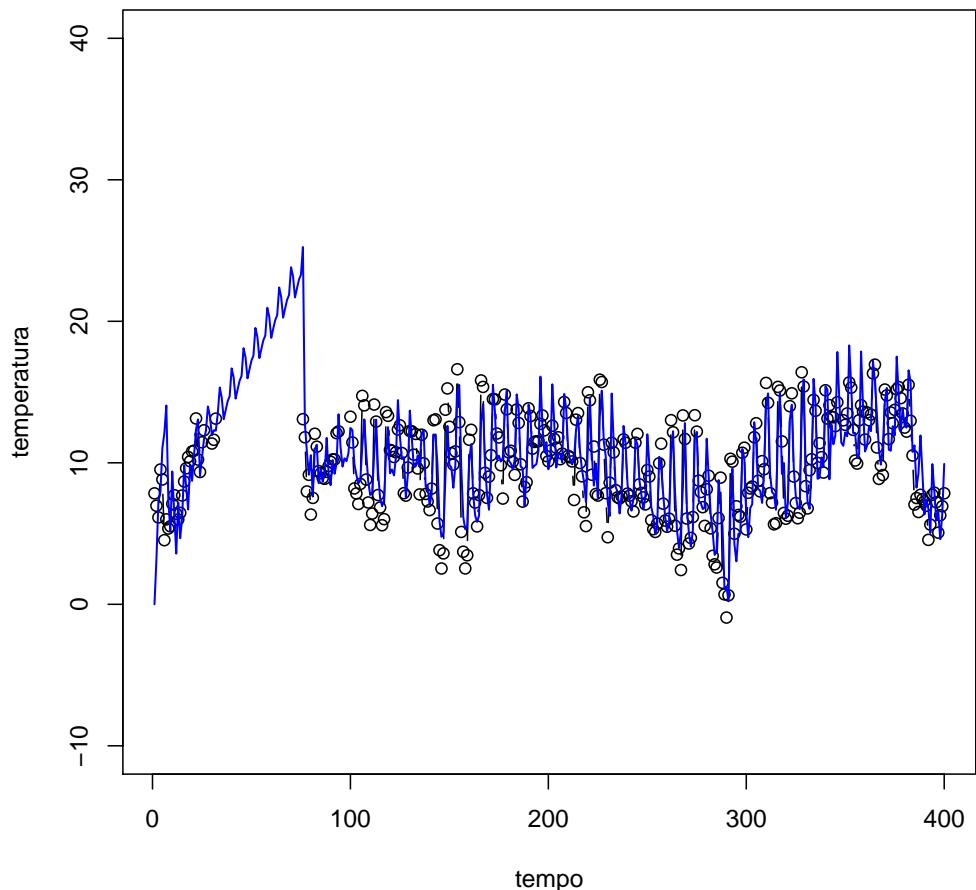


Figura 40: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Master Vigna
4

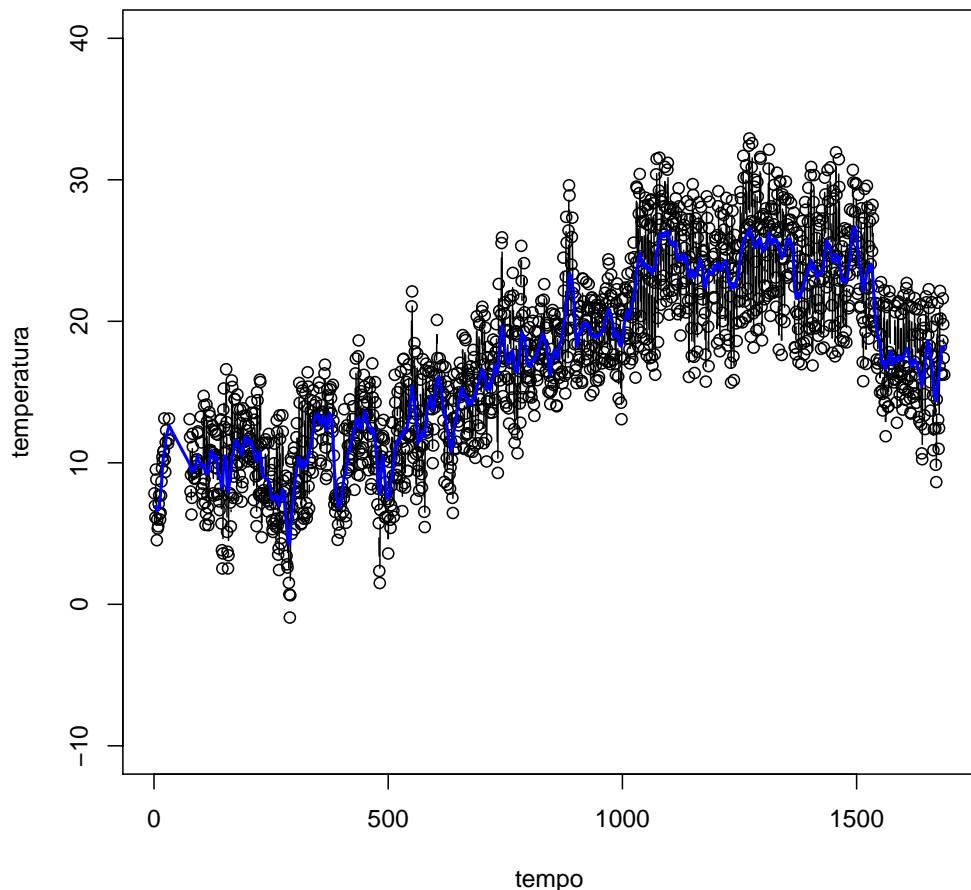


Figura 41: Smoother di Kalman - Master Vigna 4

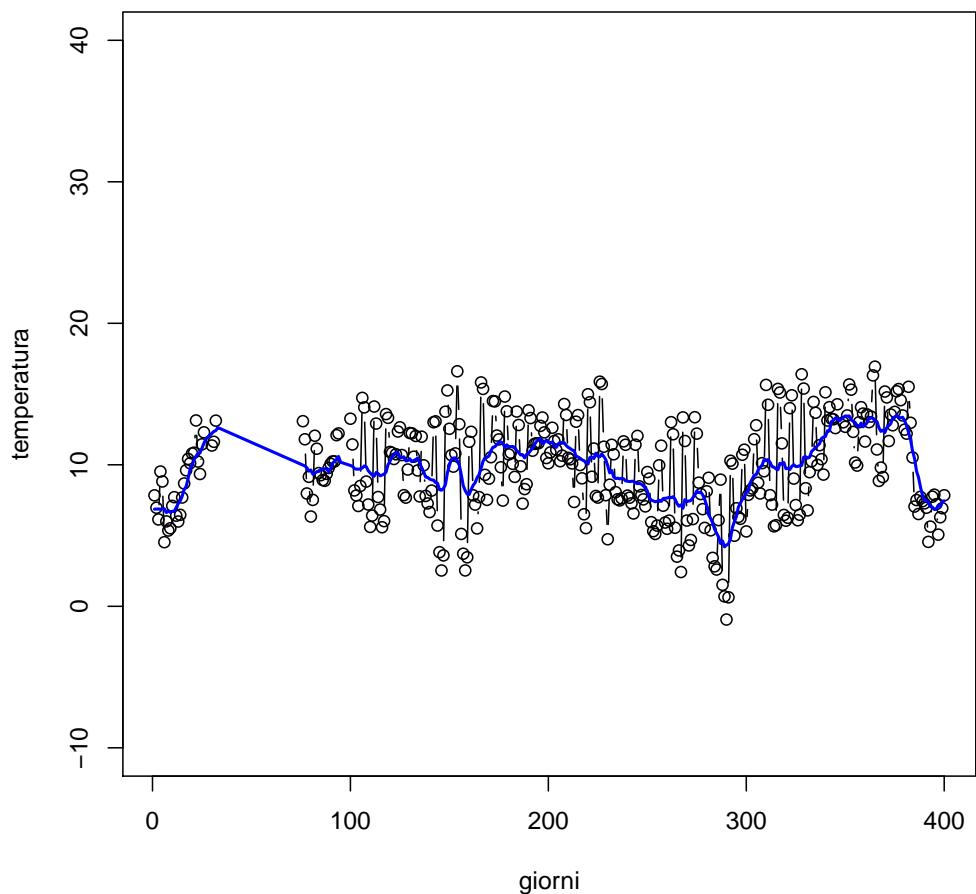


Figura 42: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Master Vigna 4

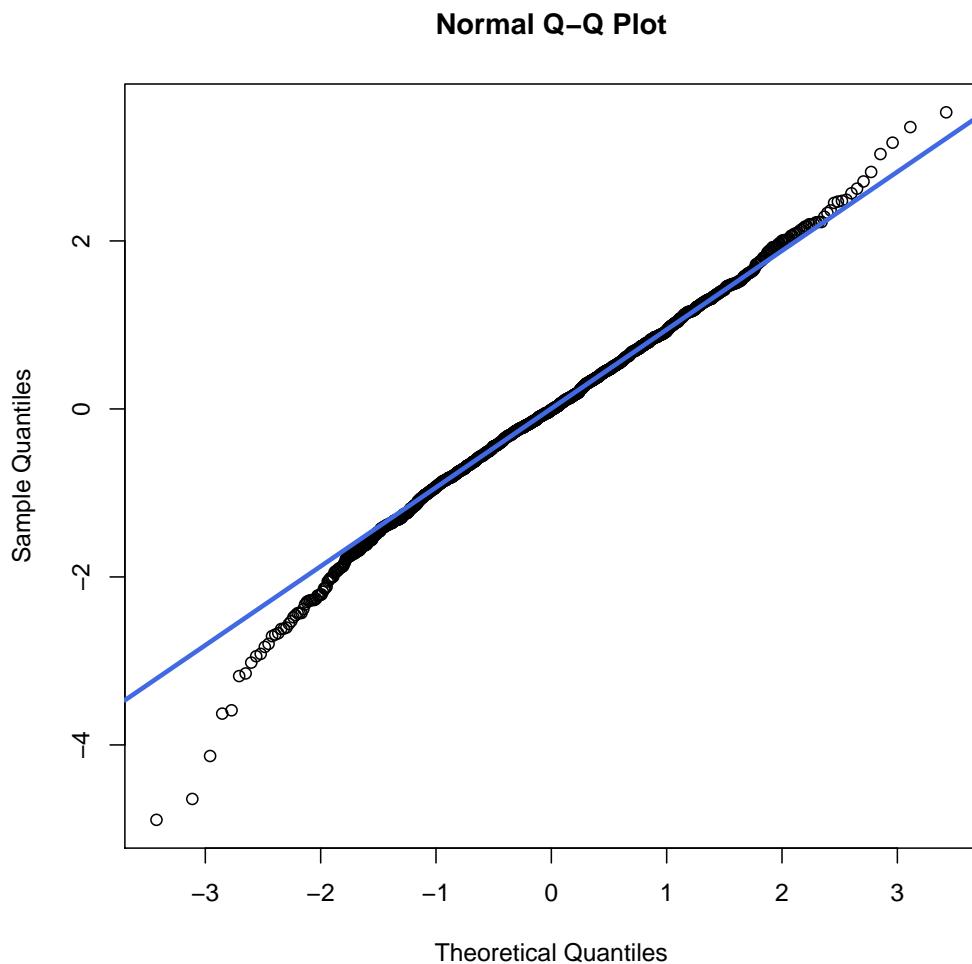


Figura 43: Q-Qplot - Master Vigna 4

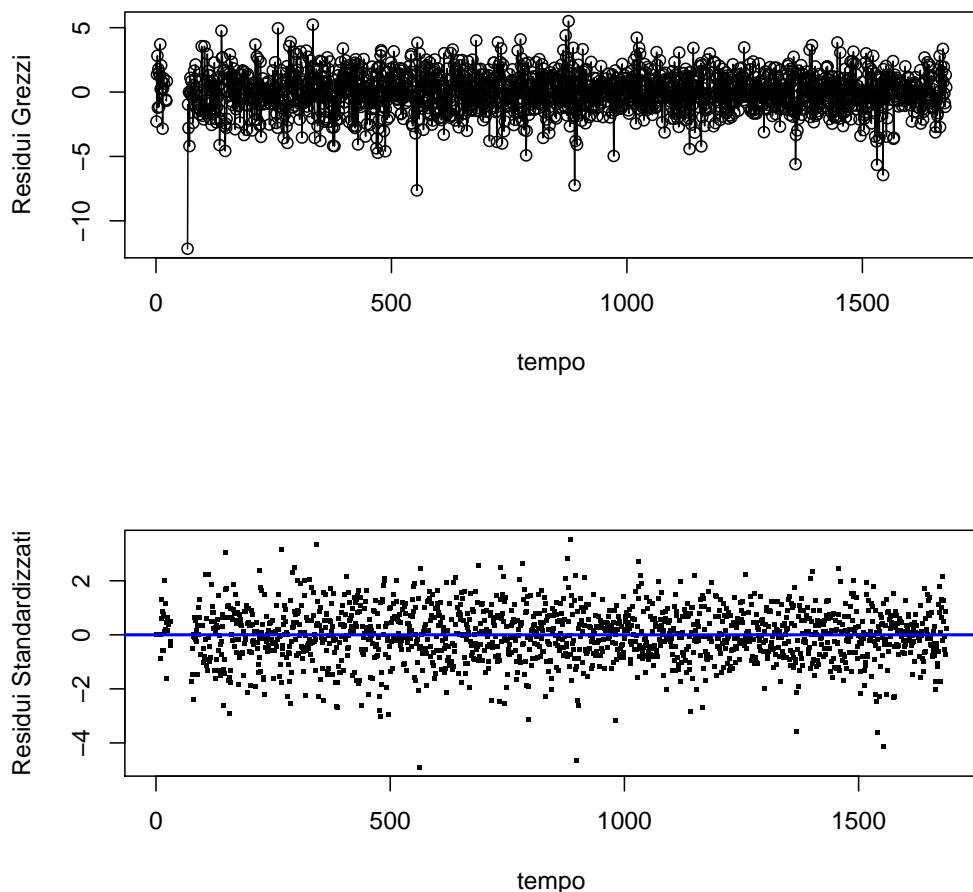


Figura 44: Analisi dei Residui - Master Vigna 4

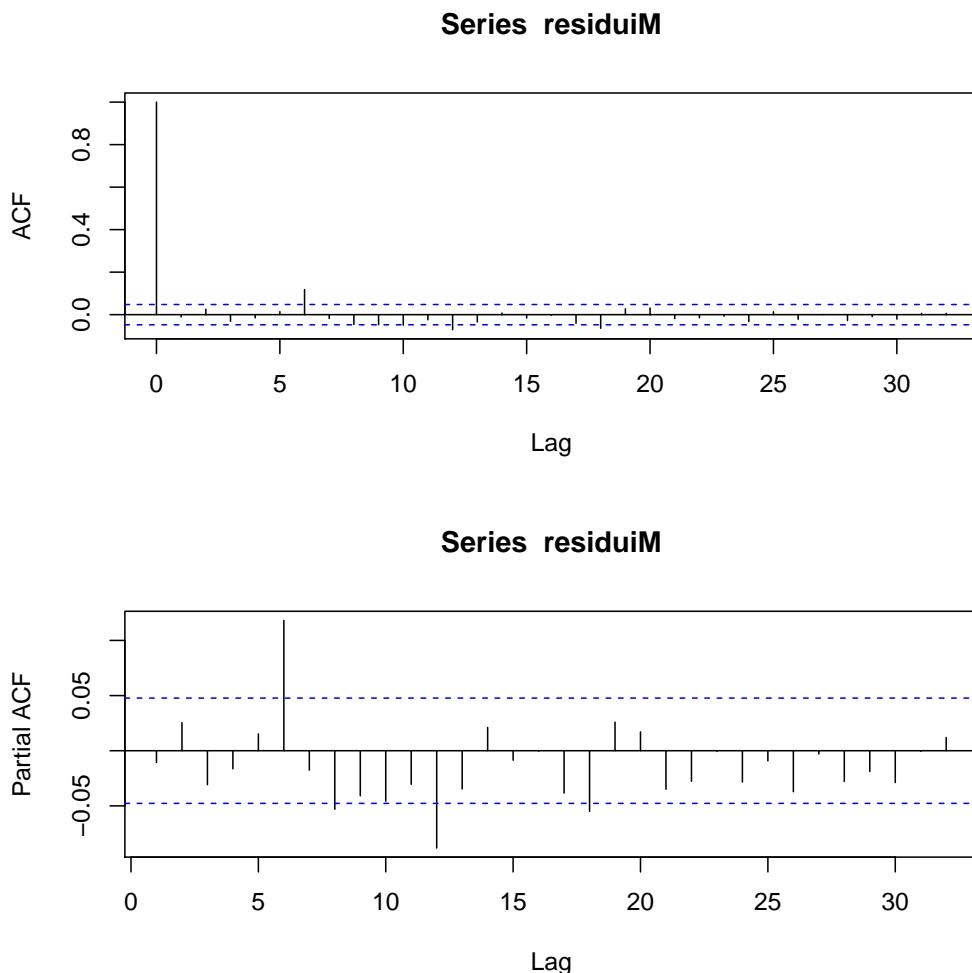


Figura 45: Grafici ACF e PACF - Master Vigna 4

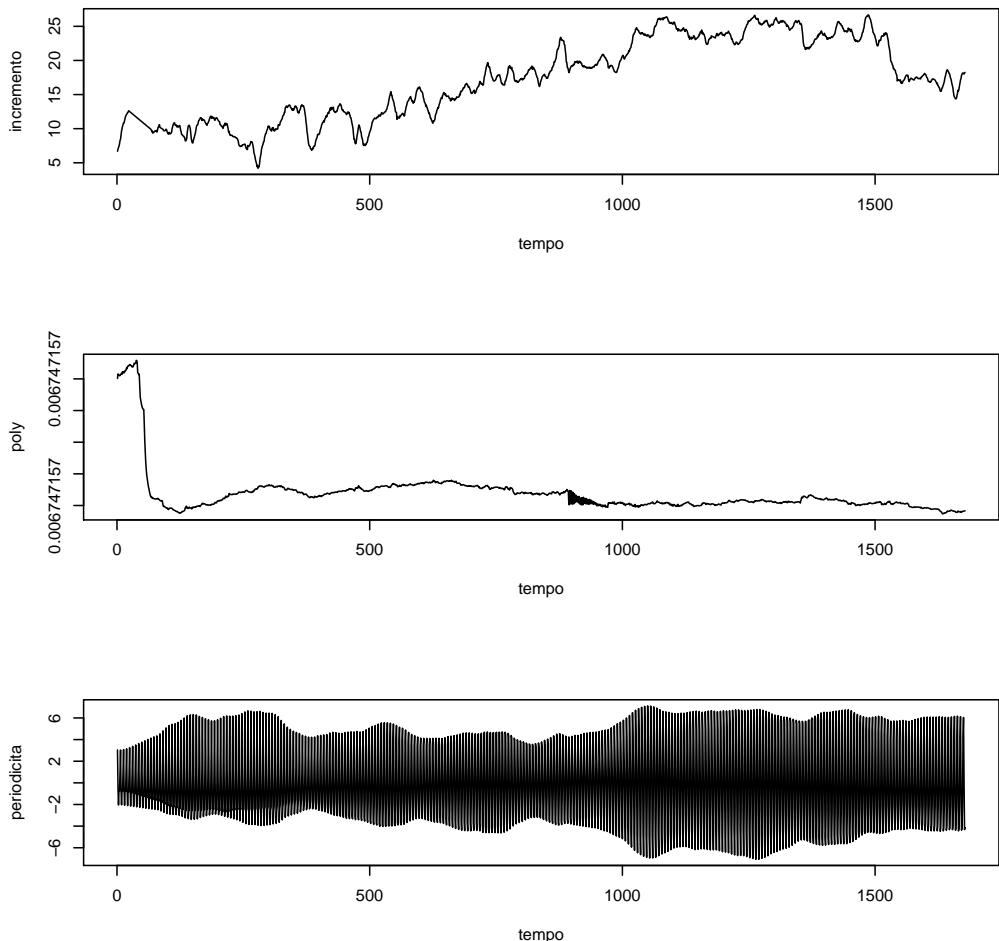


Figura 46: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Master Vigna 4

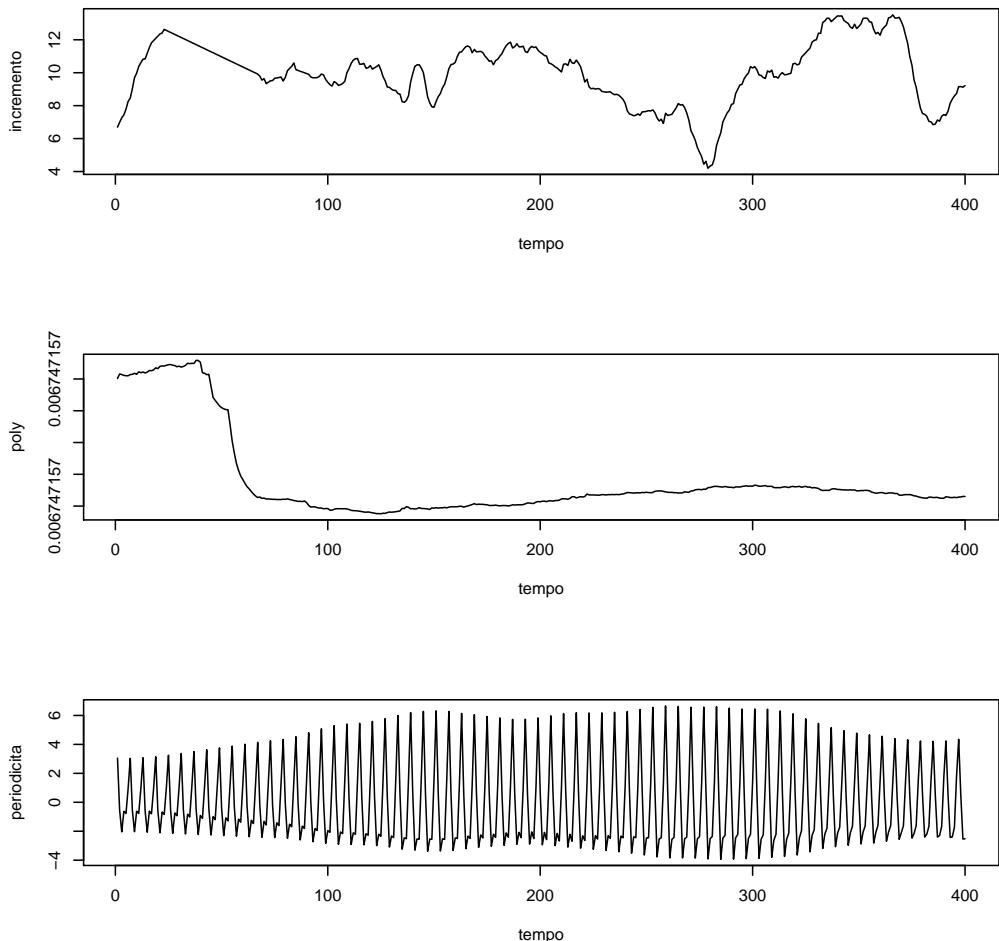


Figura 47: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Master Vigna 4

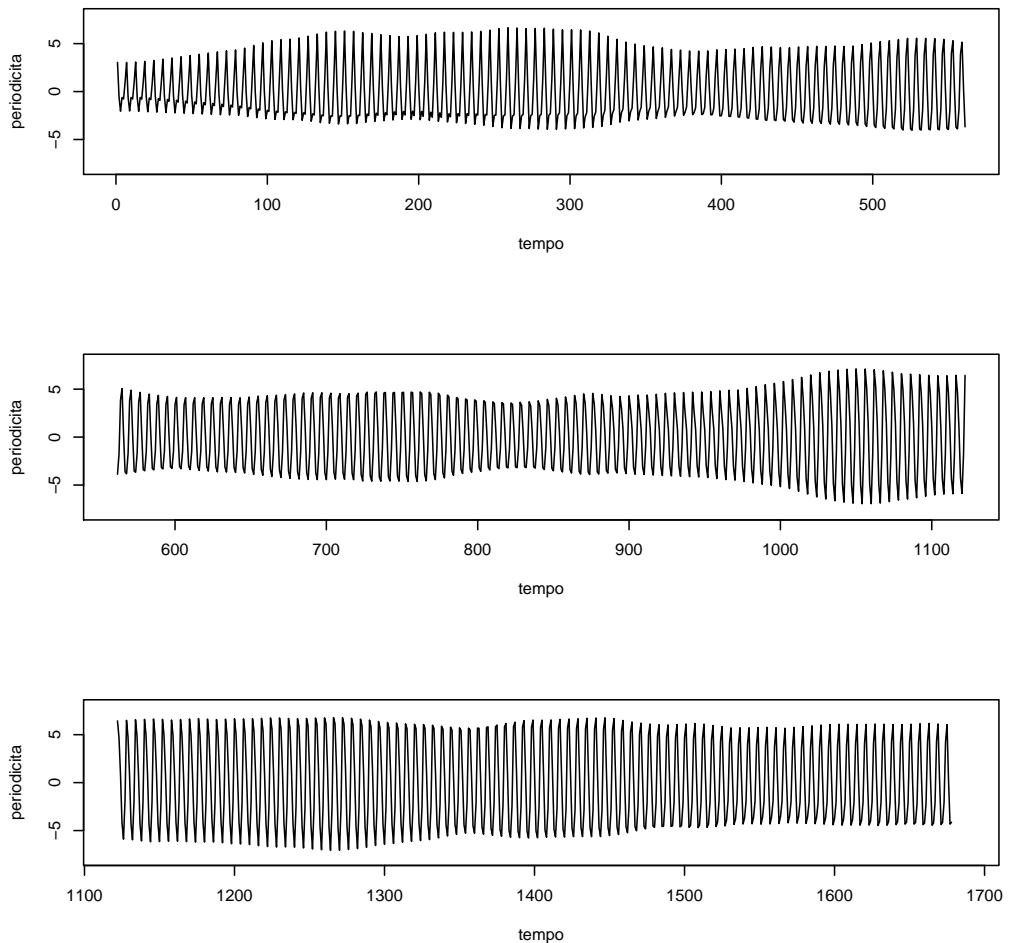


Figura 48: Componente Periodica - Master Vigna 4

3.2 SLAVES - Vigna 1

3.2.1 Slave Vigna 1 - Tesi 1

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

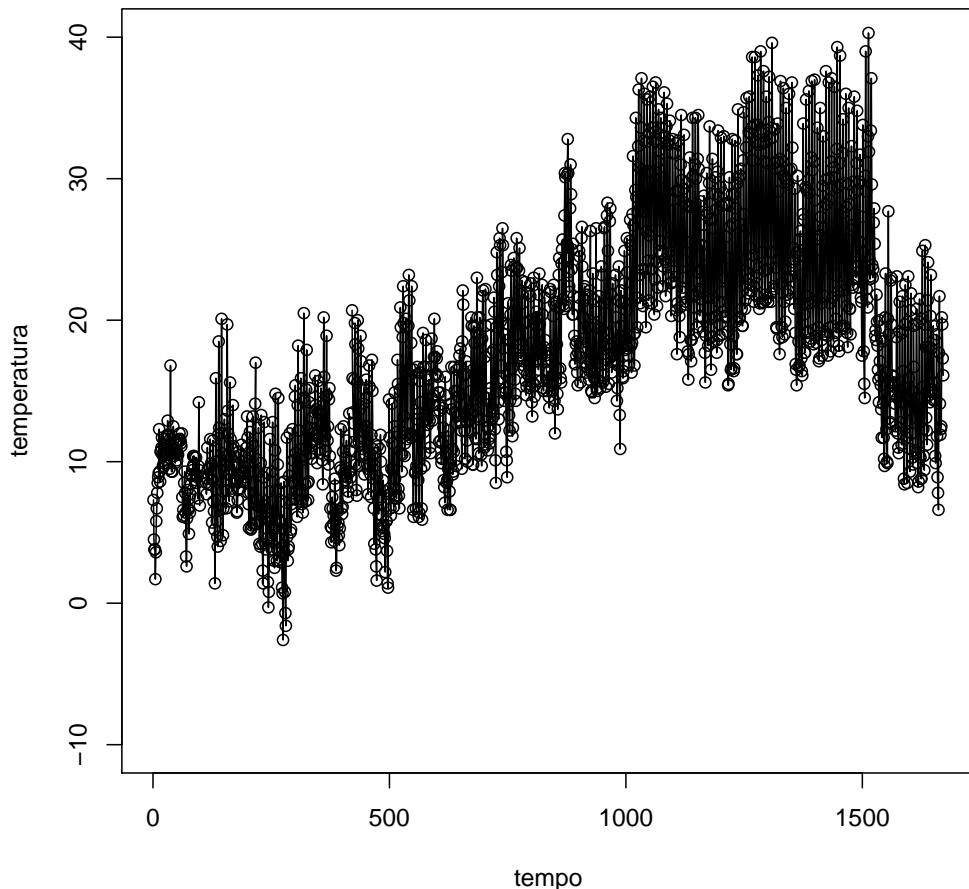


Figura 49: Dati Osservati - Tesi 1, Vigna 1

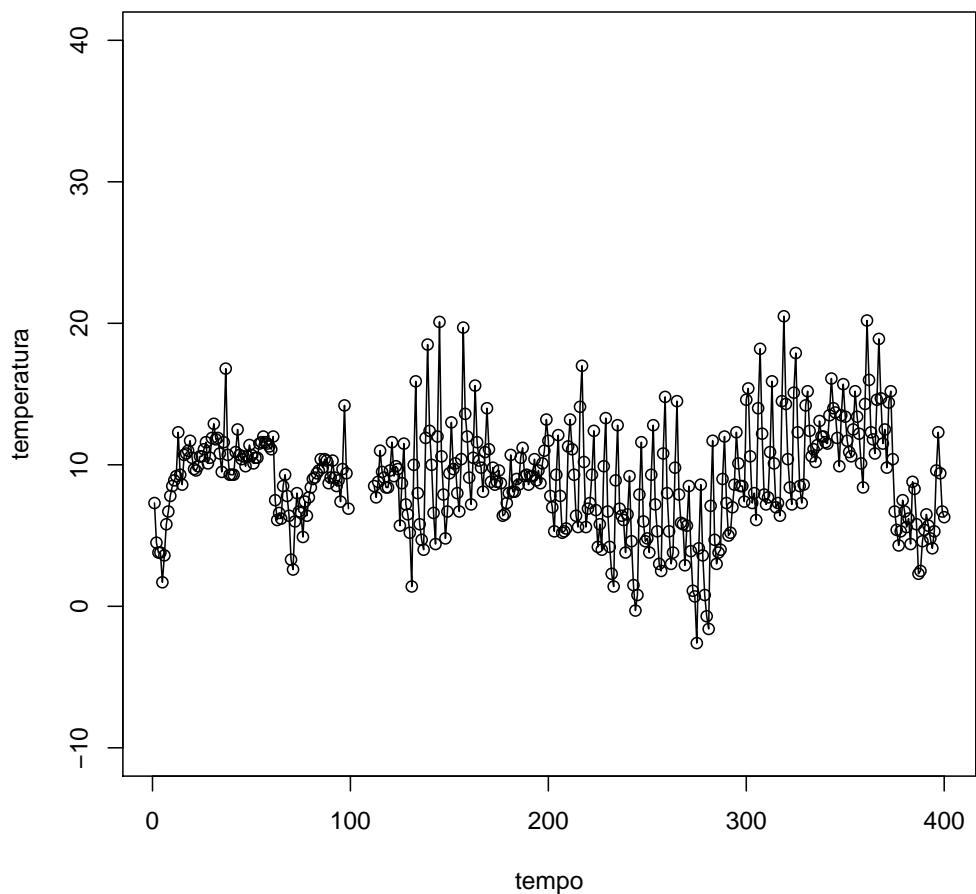


Figura 50: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 1

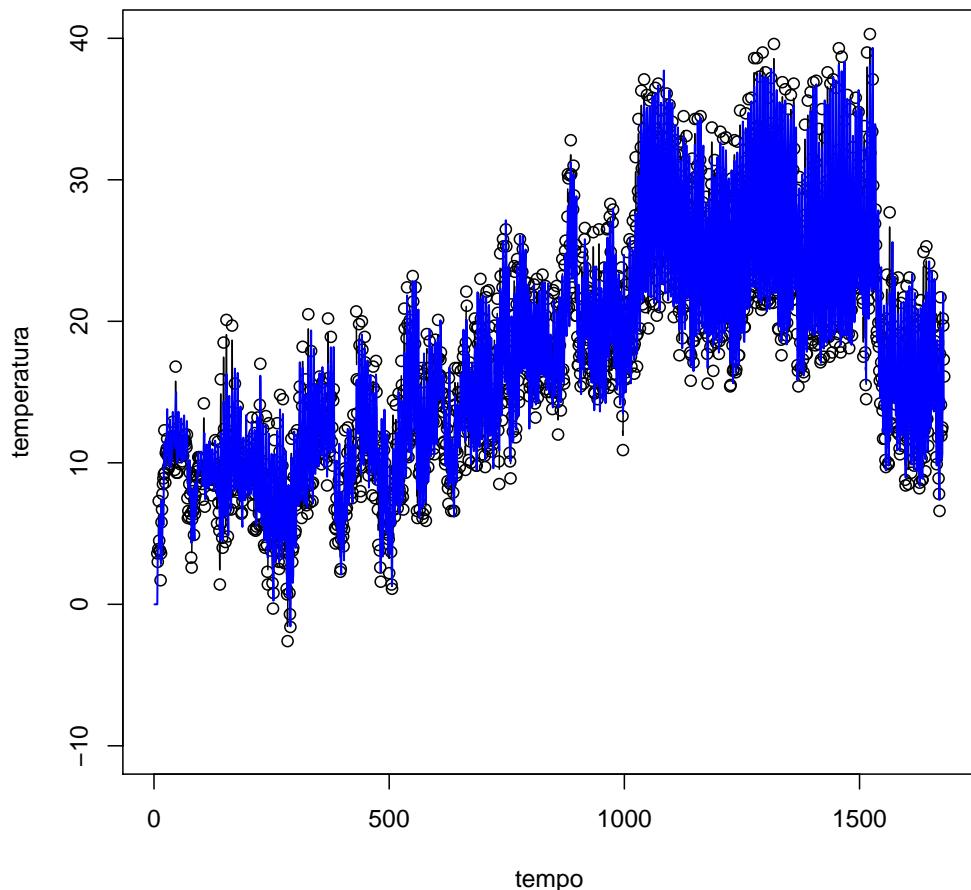


Figura 51: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 1, Vigna 1

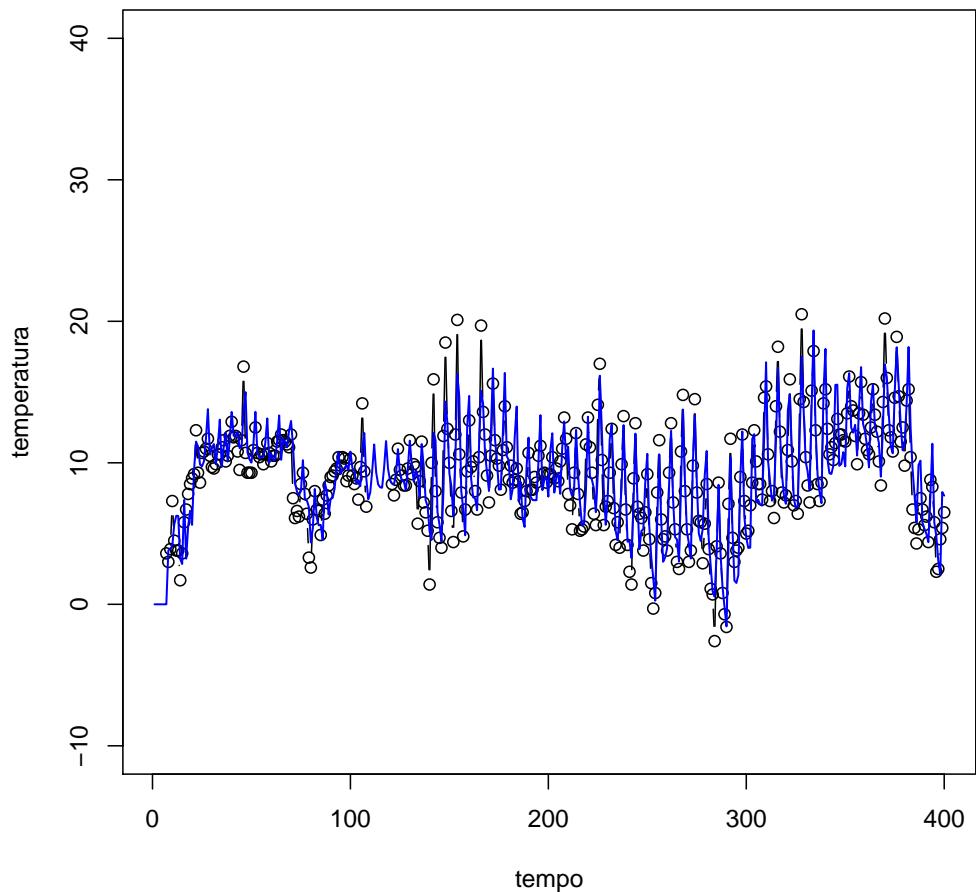


Figura 52: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 1

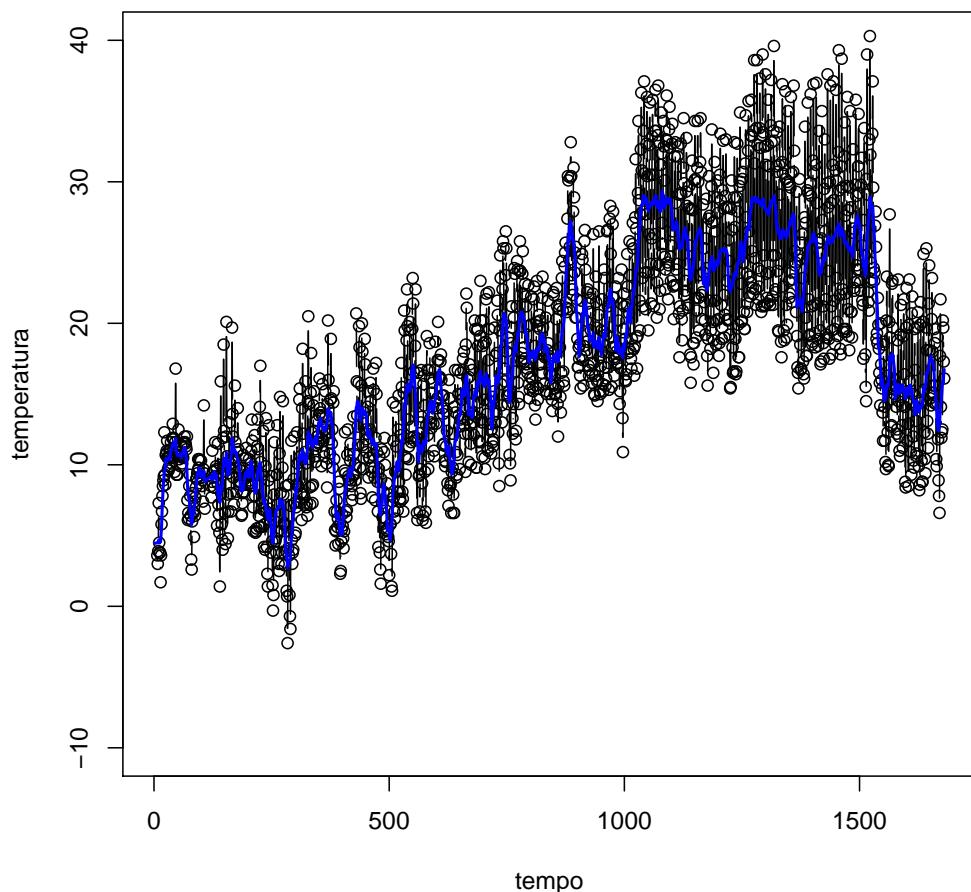


Figura 53: Smoother di Kalman - Tesi 1, Vigna 1

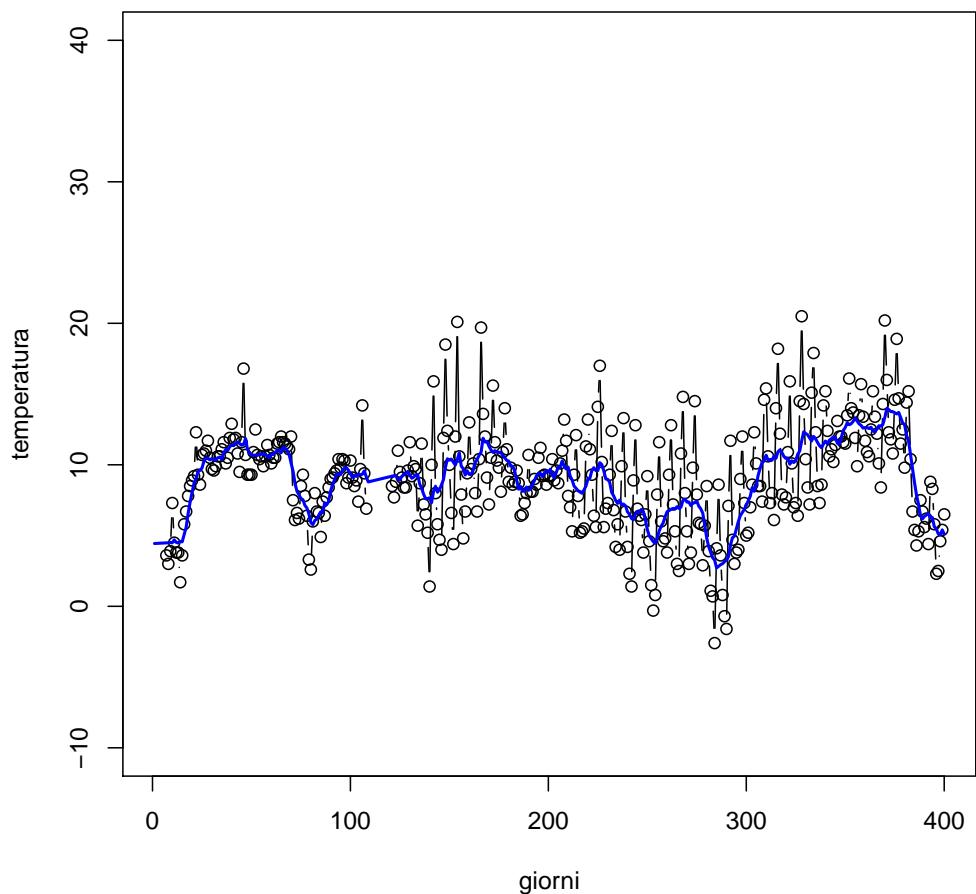


Figura 54: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 1

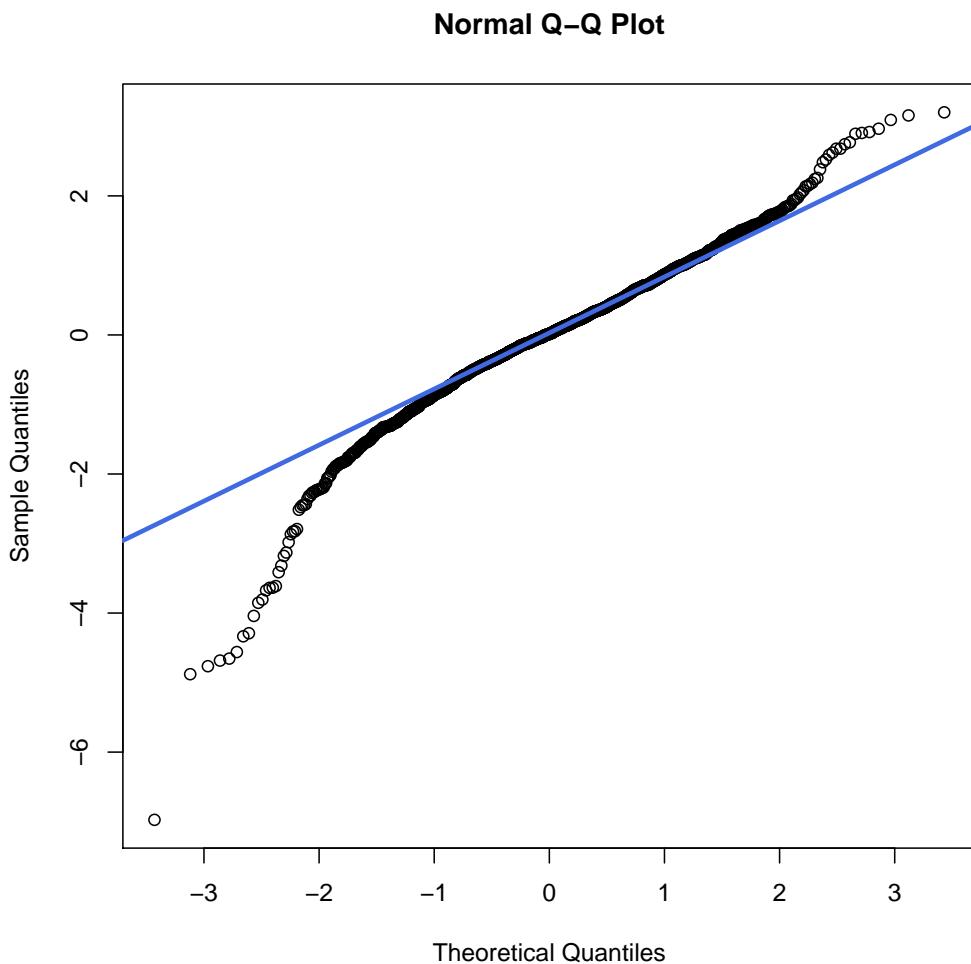


Figura 55: Q-Qplot - Tesi 1, Vigna 1

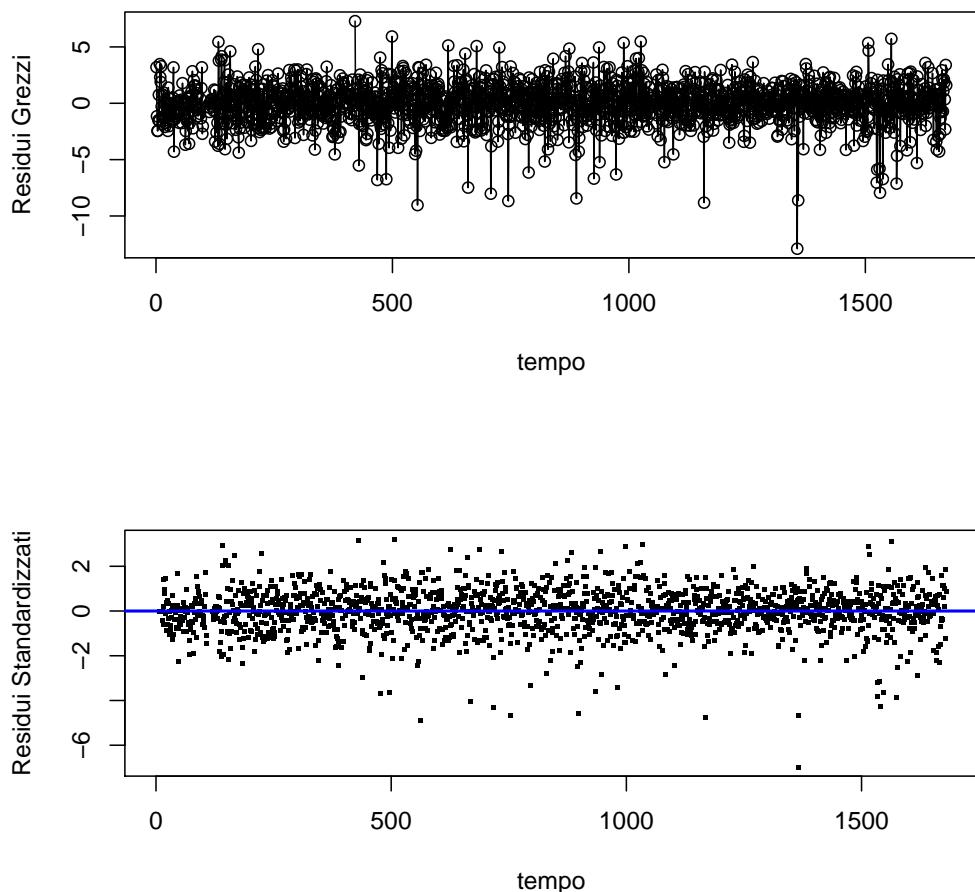


Figura 56: Analisi dei Residui - Tesi 1, Vigna 1

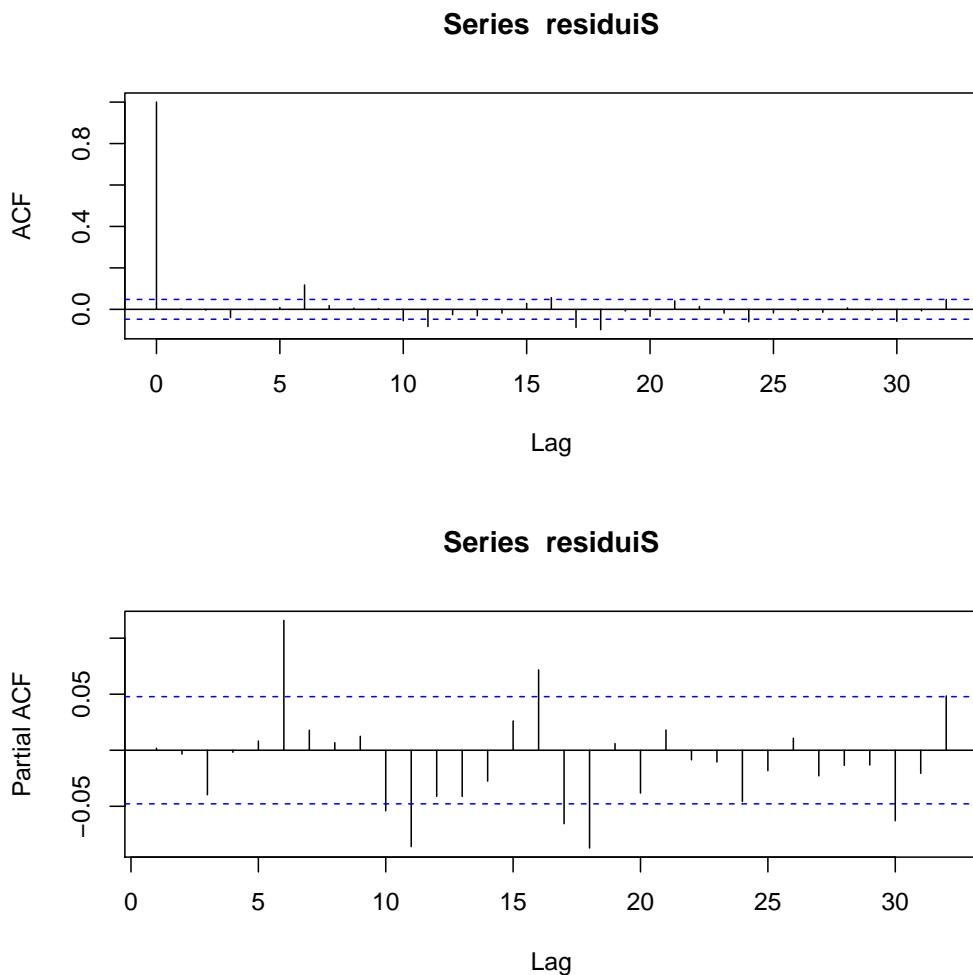


Figura 57: Grafici ACF e PACF - Tesi 1, Vigna 1

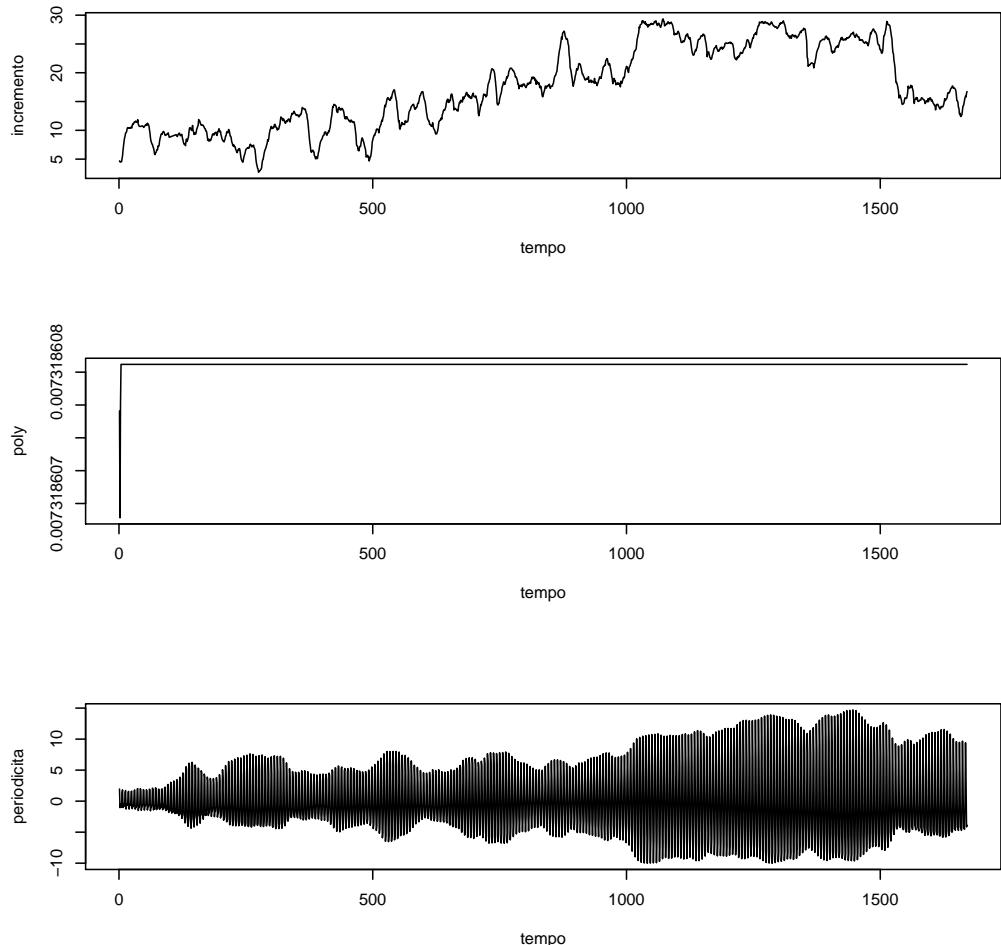


Figura 58: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 1, Vigna 1

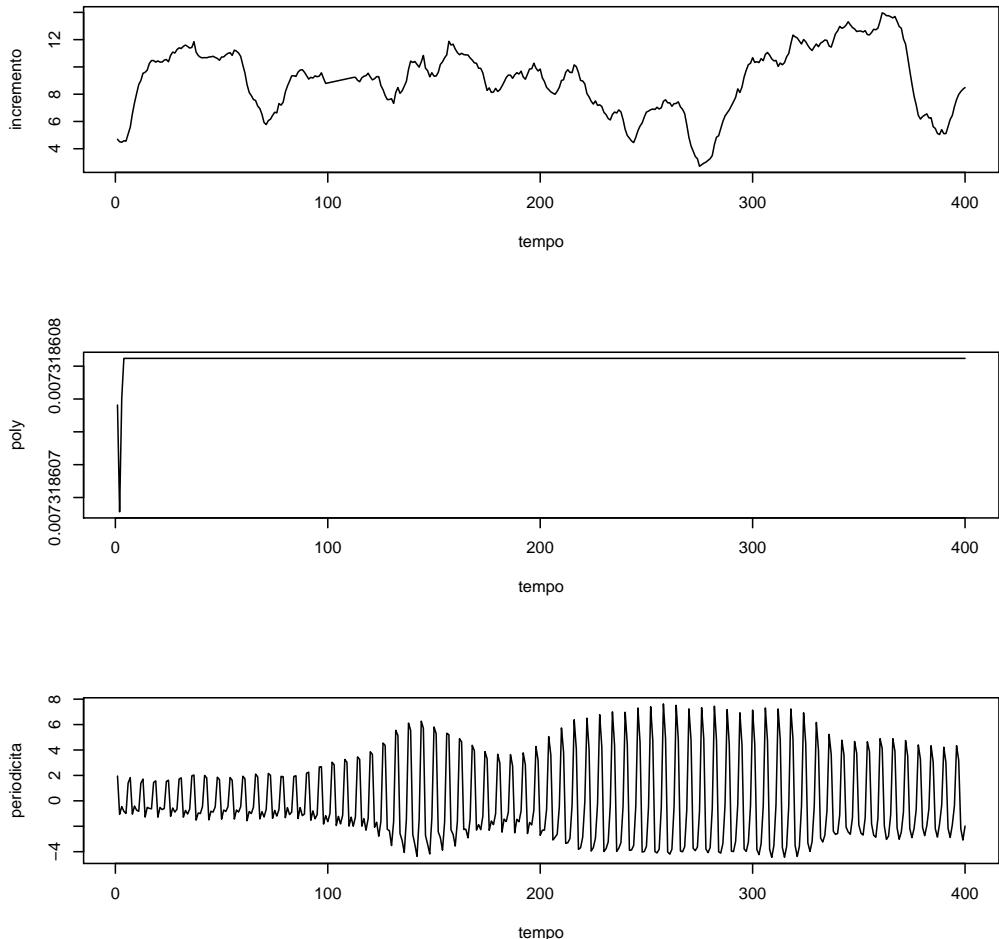


Figura 59: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 1

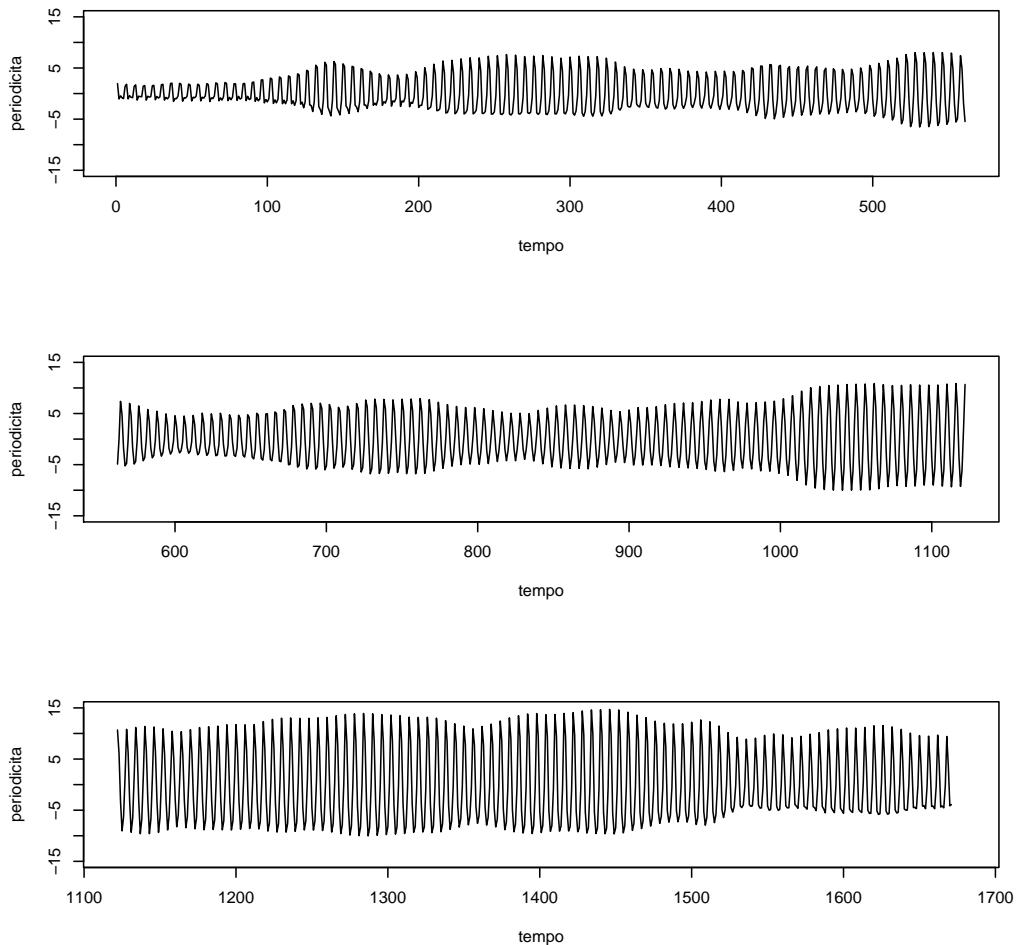


Figura 60: Componente Periodica - Tesi 1, Vigna 1

3.2.2 Slave Vigna 1 - Tesi 2

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 3.

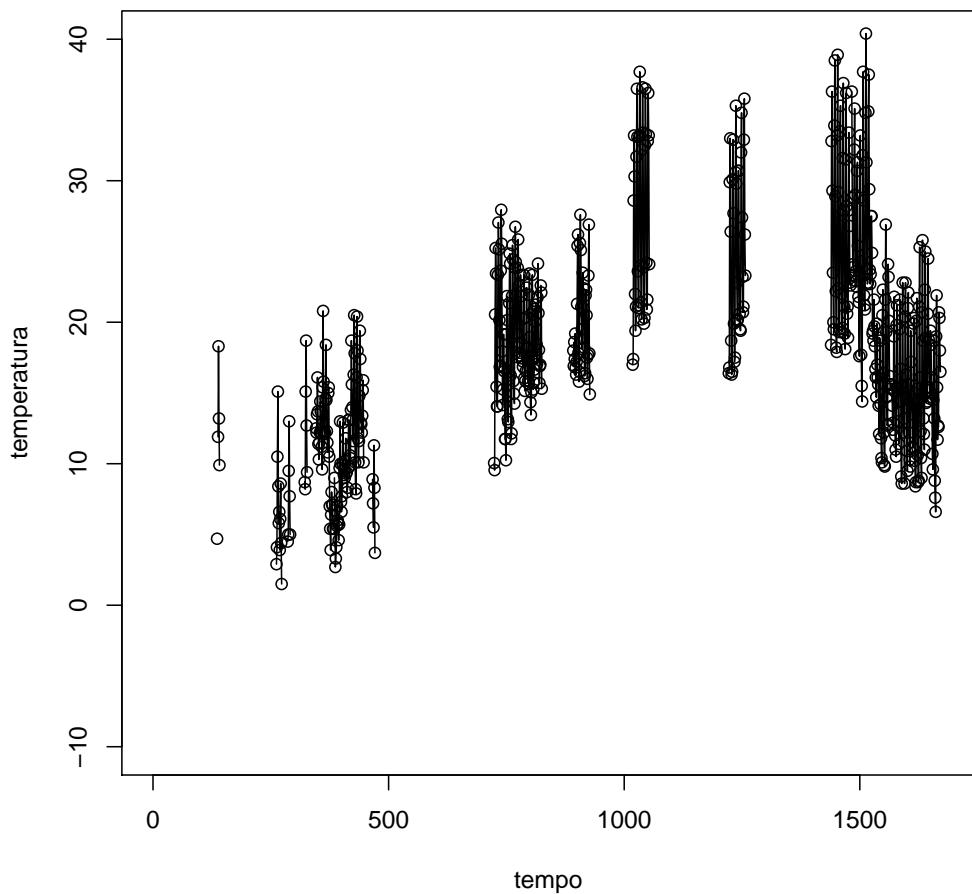


Figura 61: Dati Osservati - Tesi 2, Vigna 1

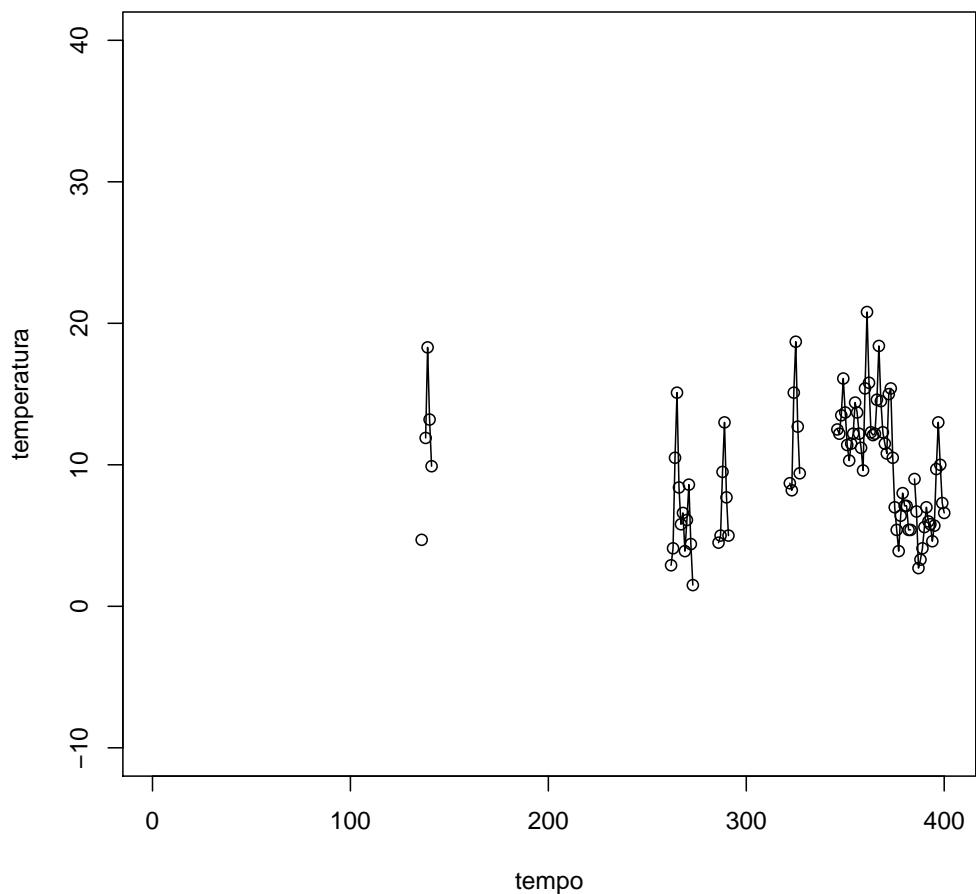


Figura 62: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 1

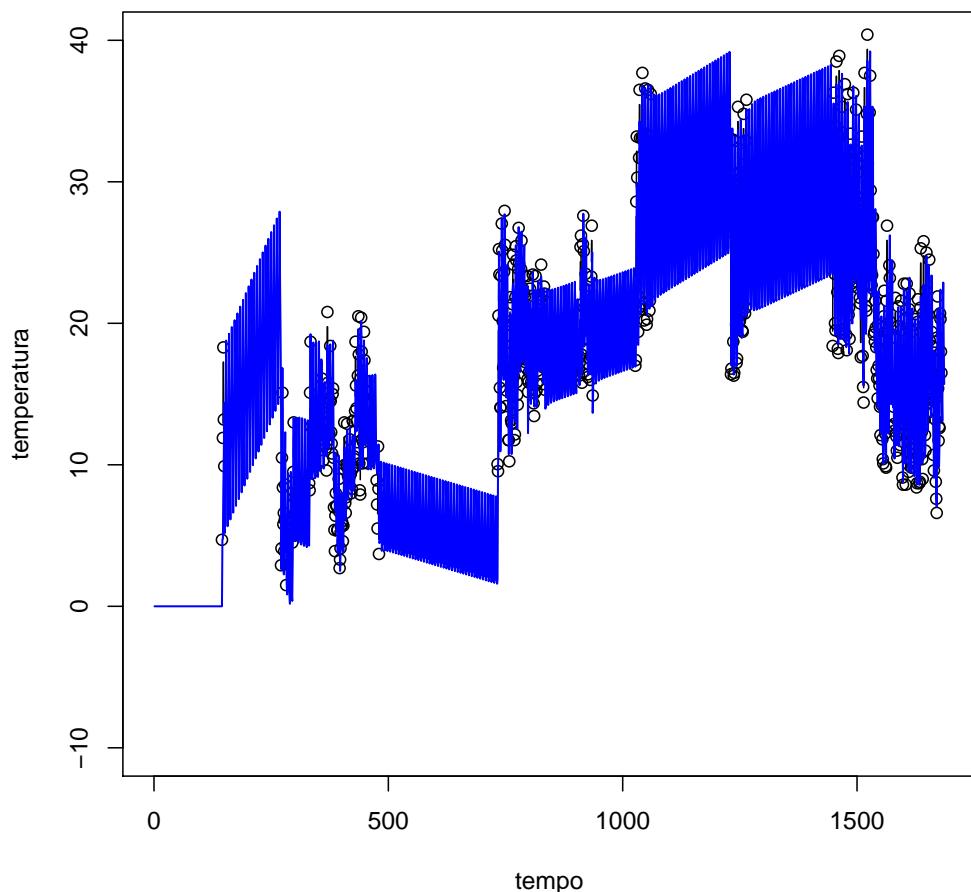


Figura 63: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 2, Vigna 1

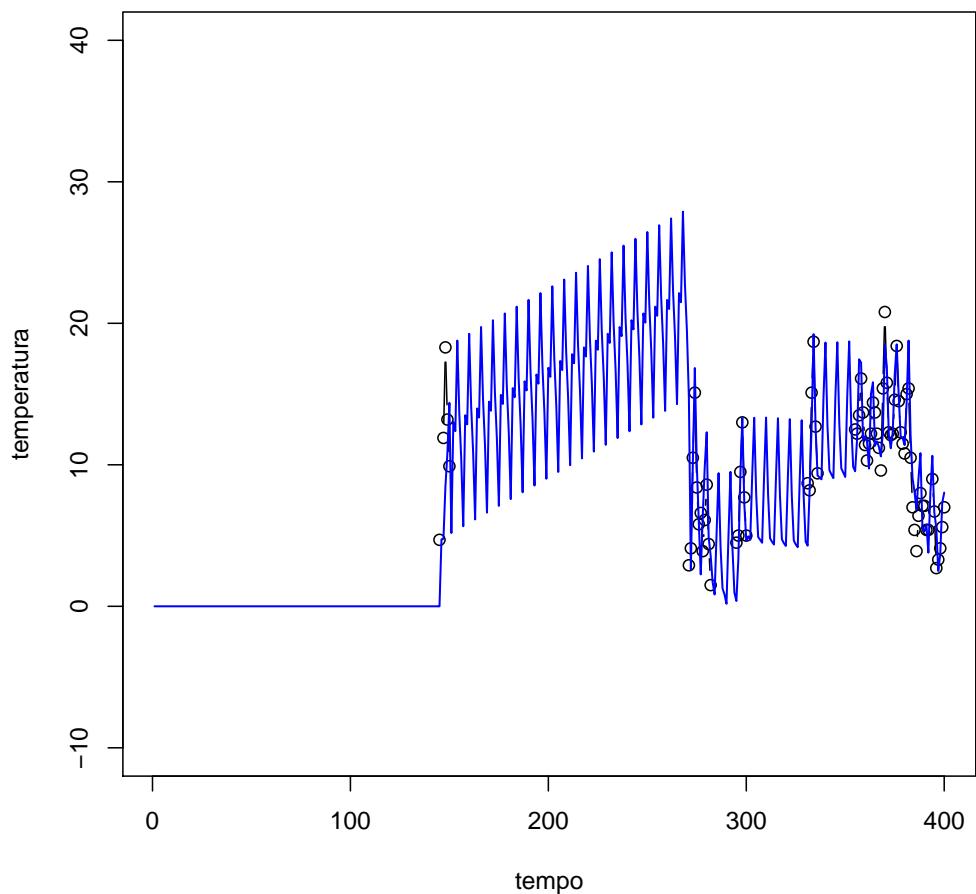


Figura 64: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 1

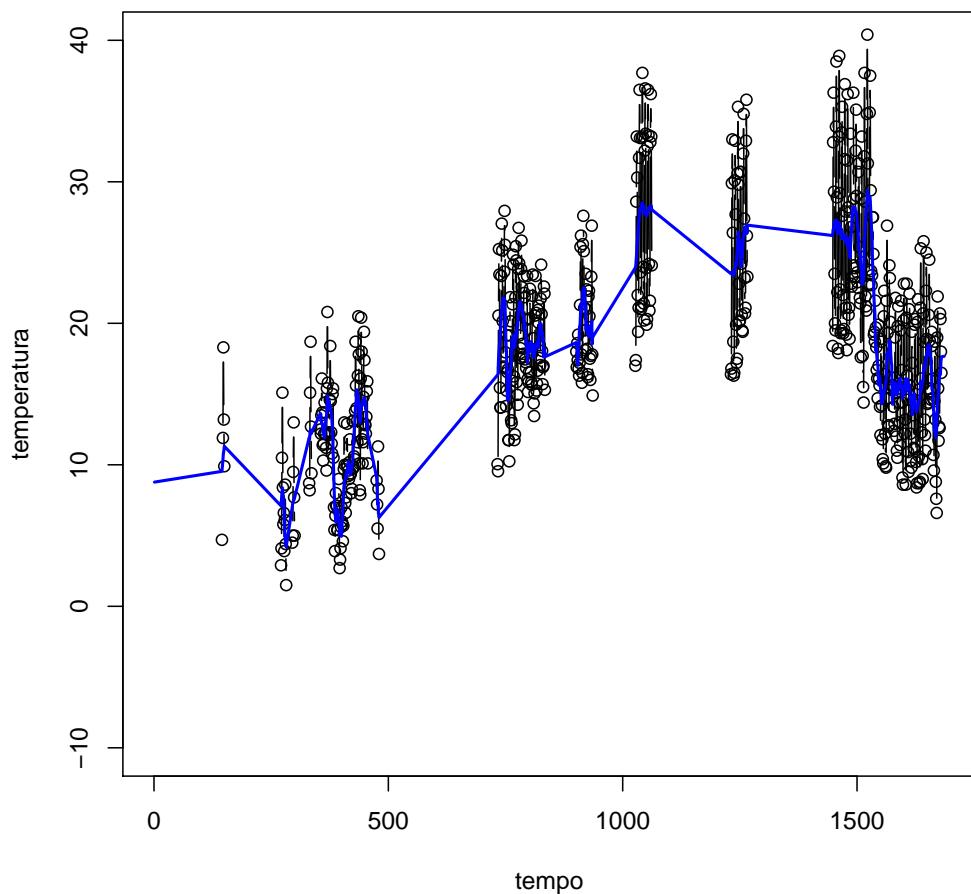


Figura 65: Smoother di Kalman - Tesi 2, Vigna 1

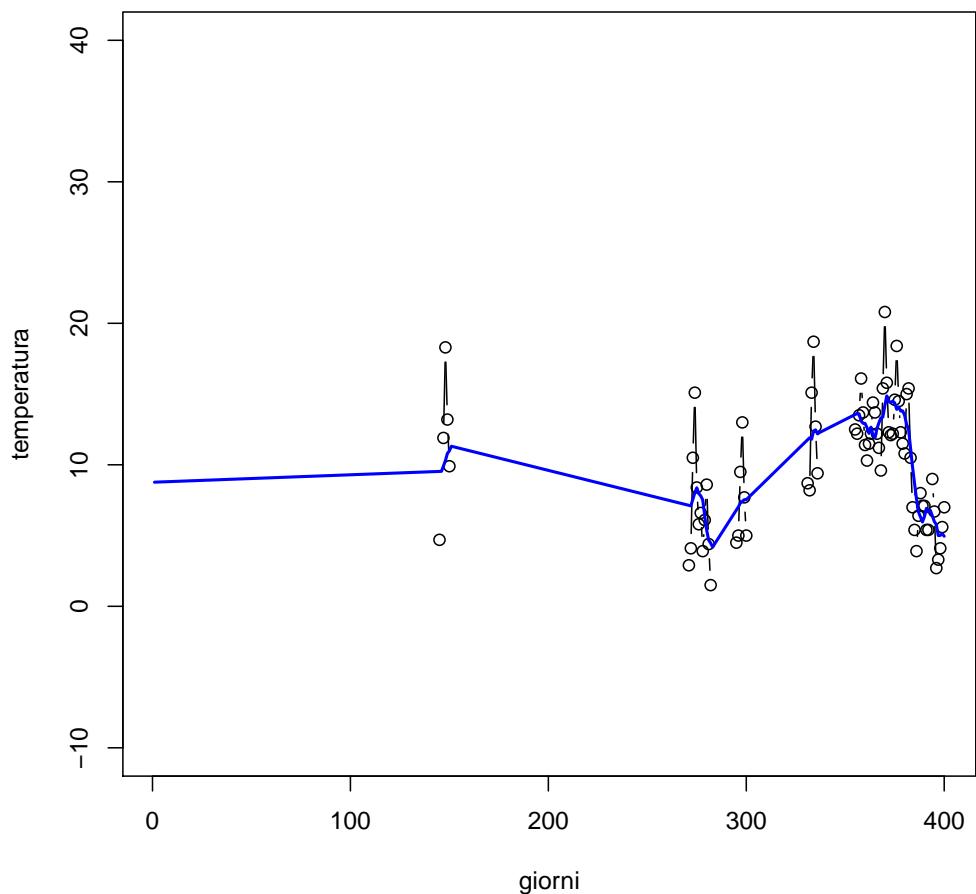


Figura 66: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 1

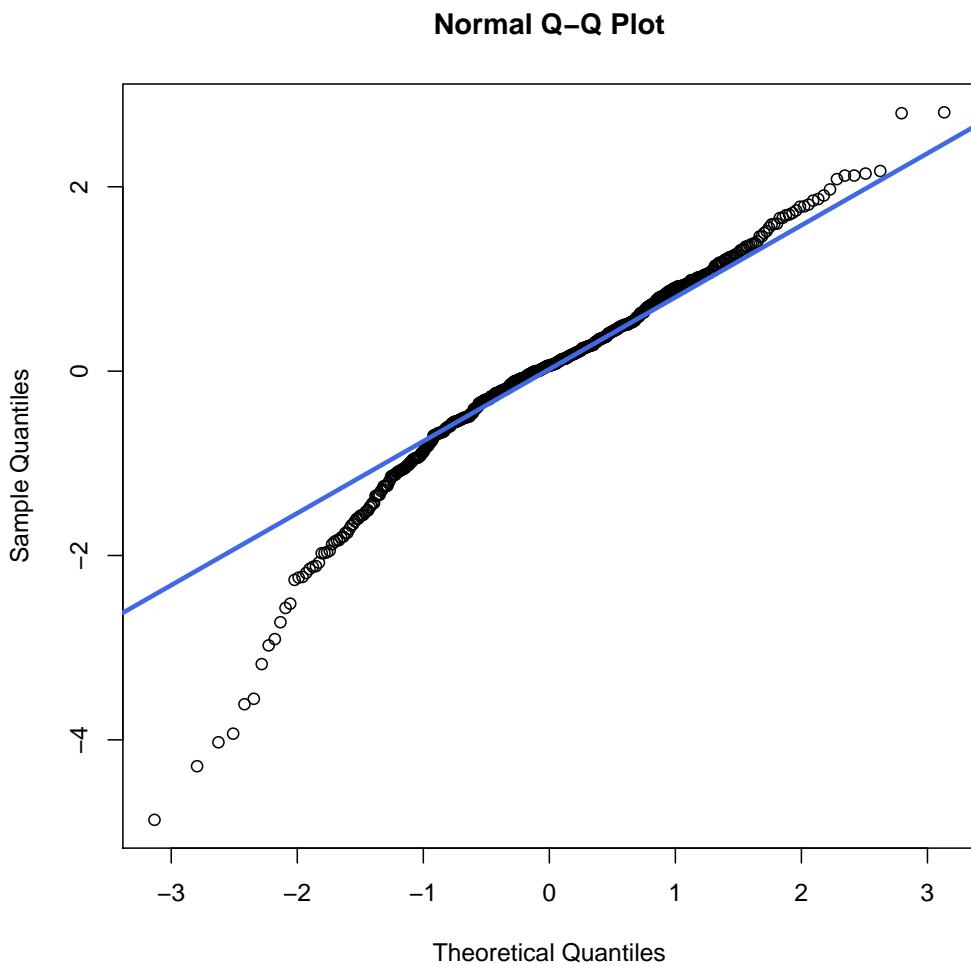


Figura 67: Q-Qplot - Tesi 2, Vigna 1

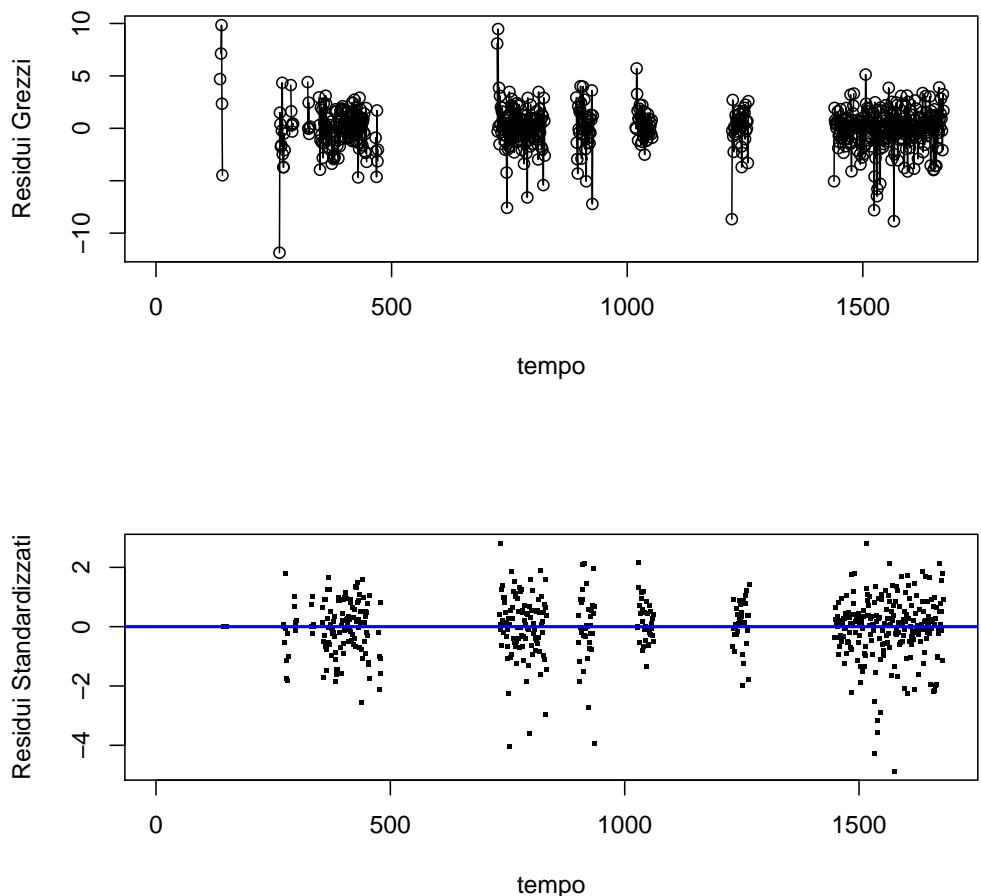


Figura 68: Analisi dei Residui - Tesi 2, Vigna 1

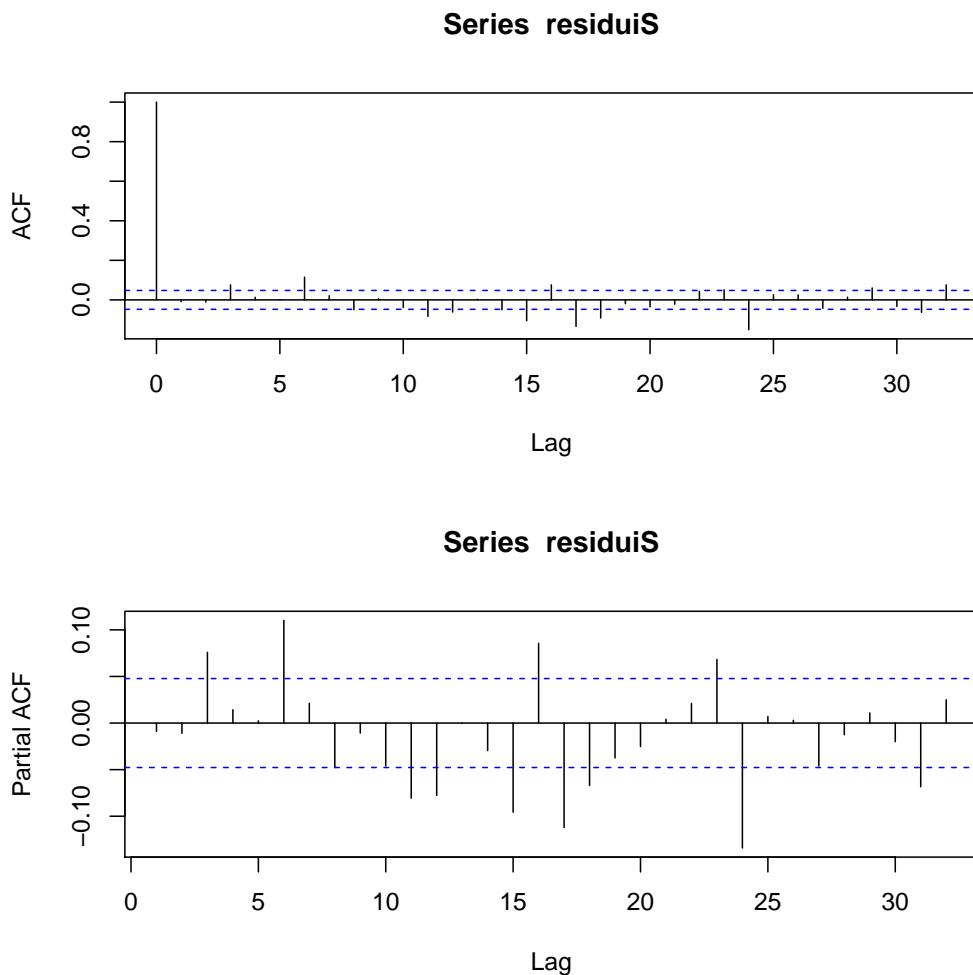


Figura 69: Grafici ACF e PACF - Tesi 2, Vigna 1

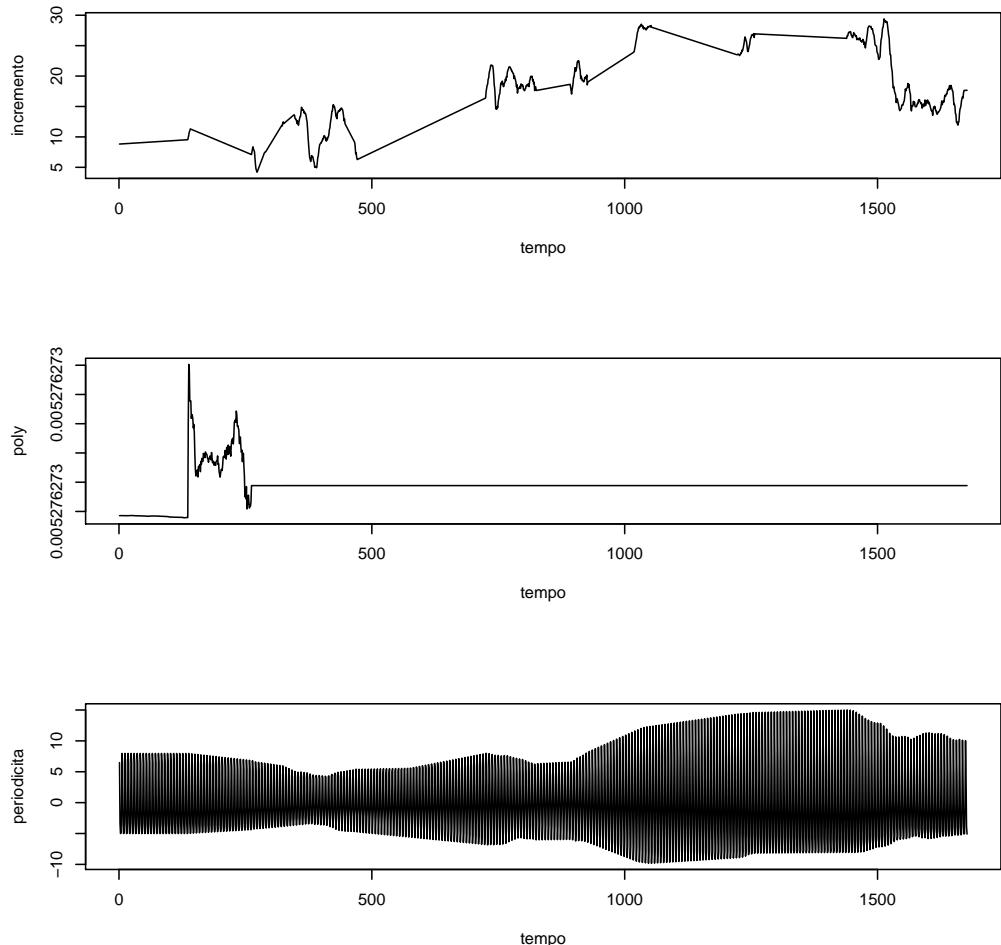


Figura 70: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 2, Vigna 1

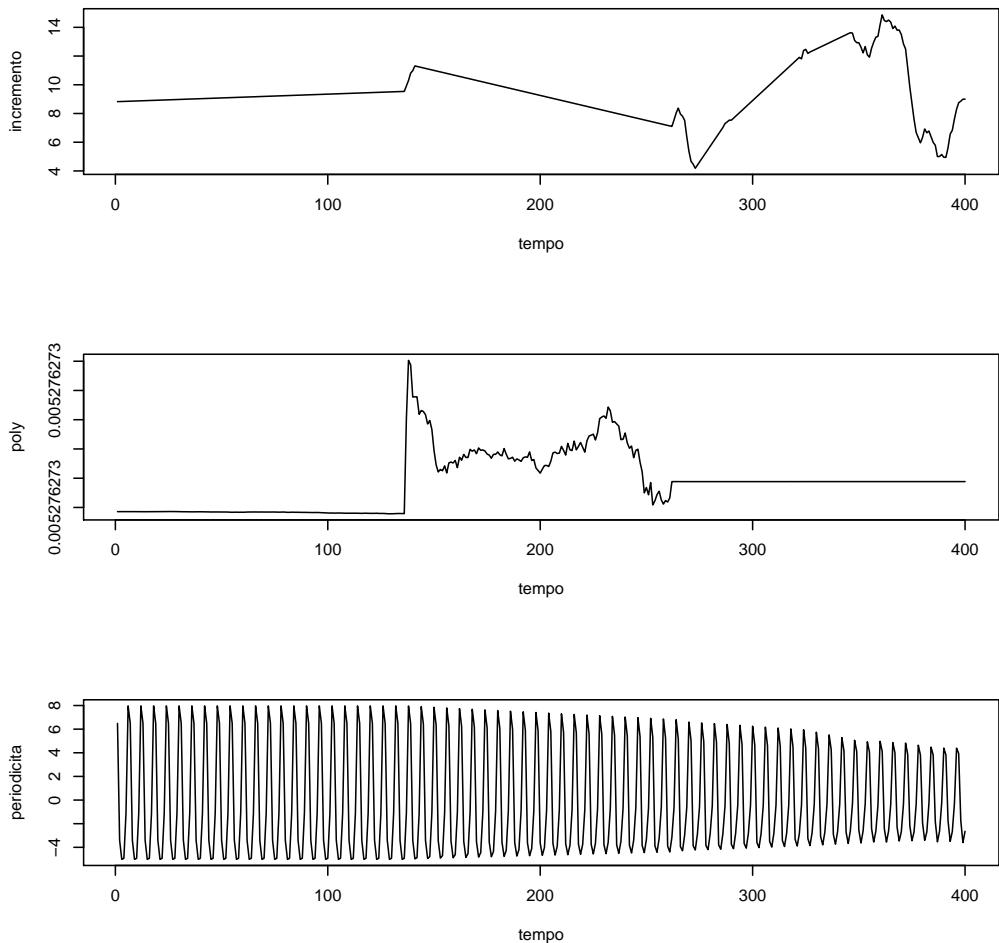


Figura 71: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 1

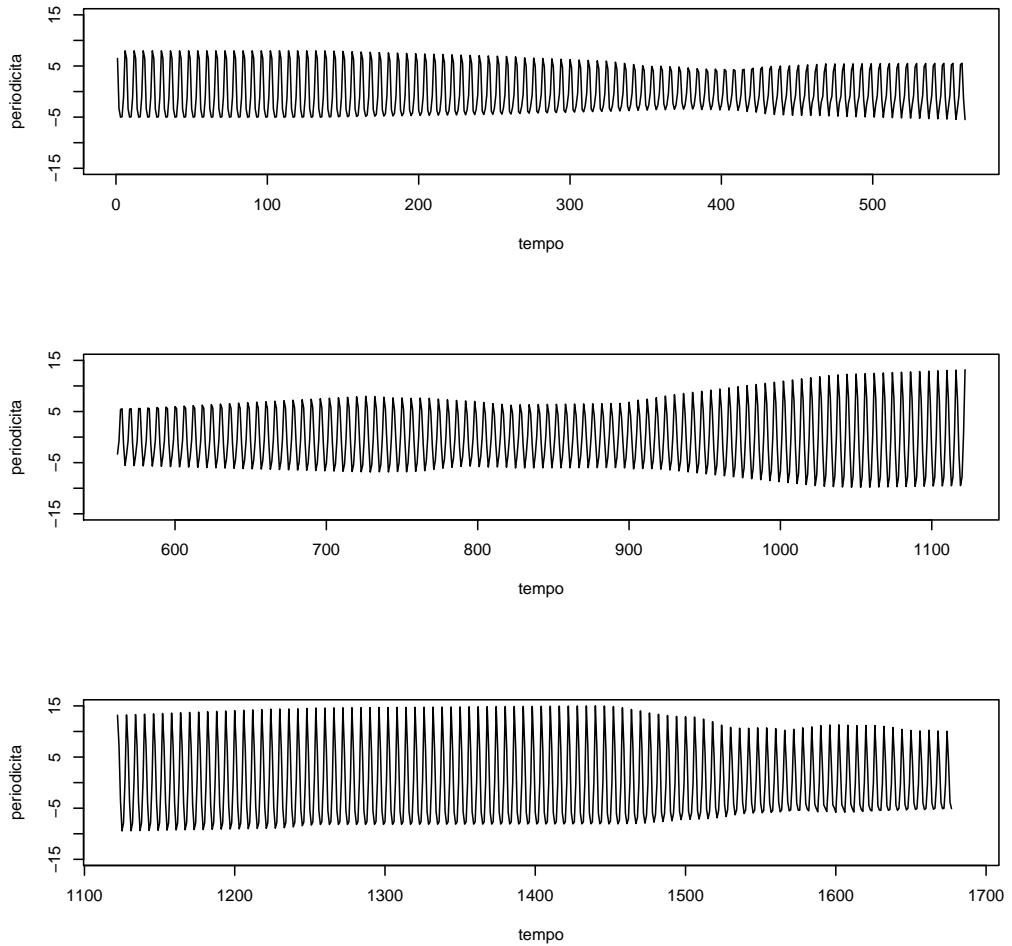


Figura 72: Componente Periodica - Tesi 2, Vigna 1

3.2.3 Slave Vigna 1 - Tesi 3

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

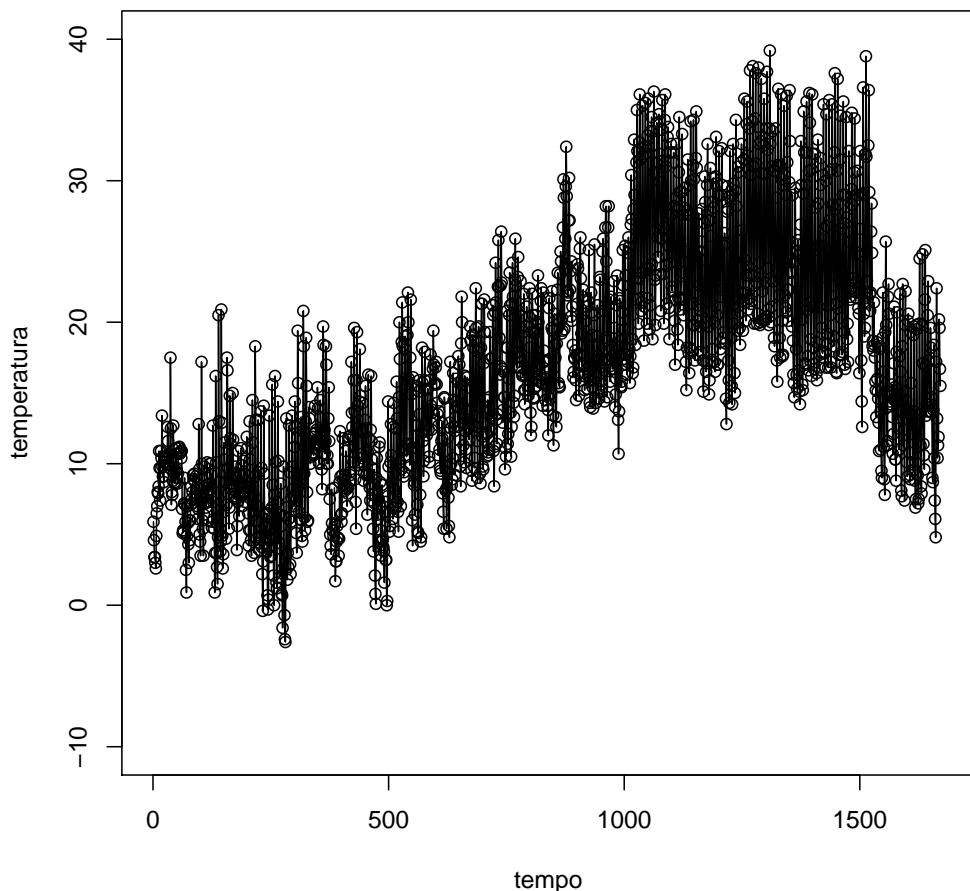


Figura 73: Dati Osservati - Tesi 3, Vigna 1

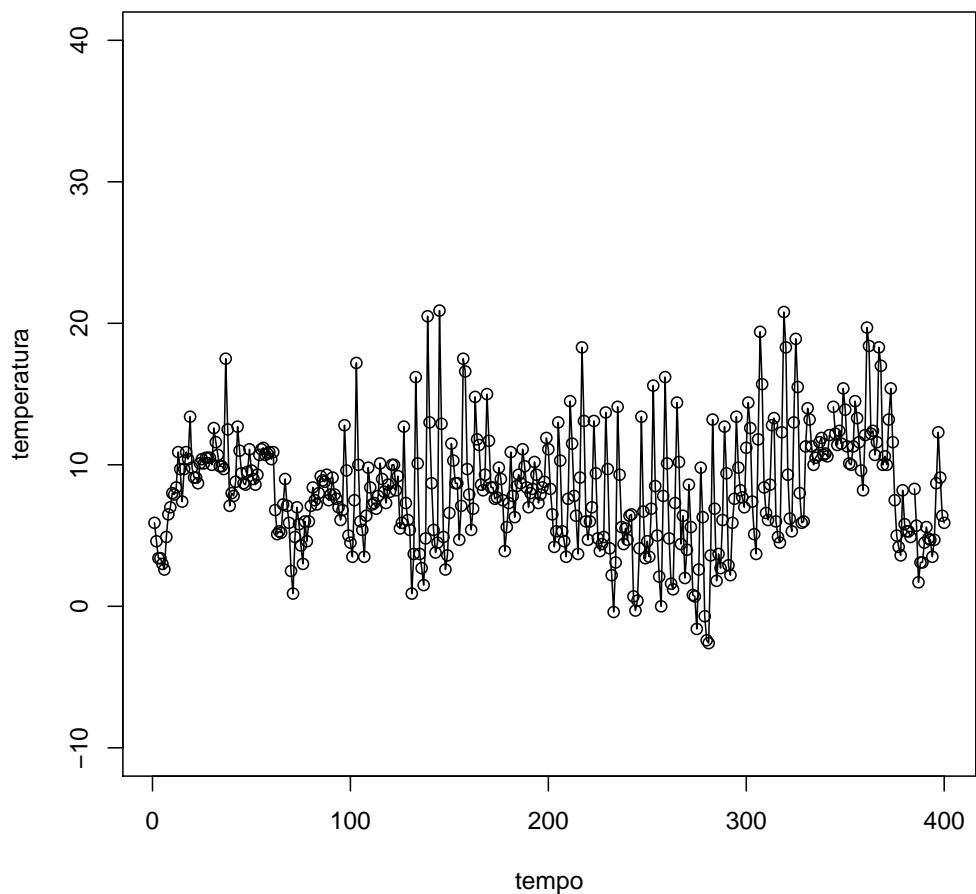


Figura 74: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 1

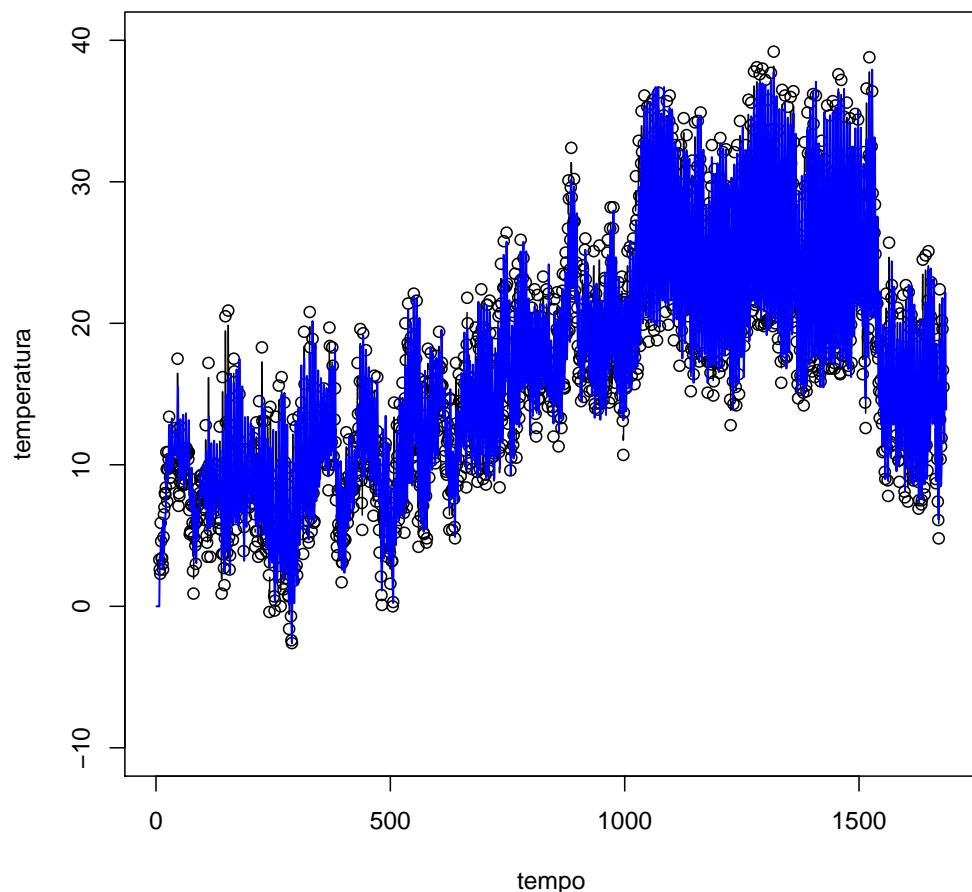


Figura 75: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 3, Vigna 1

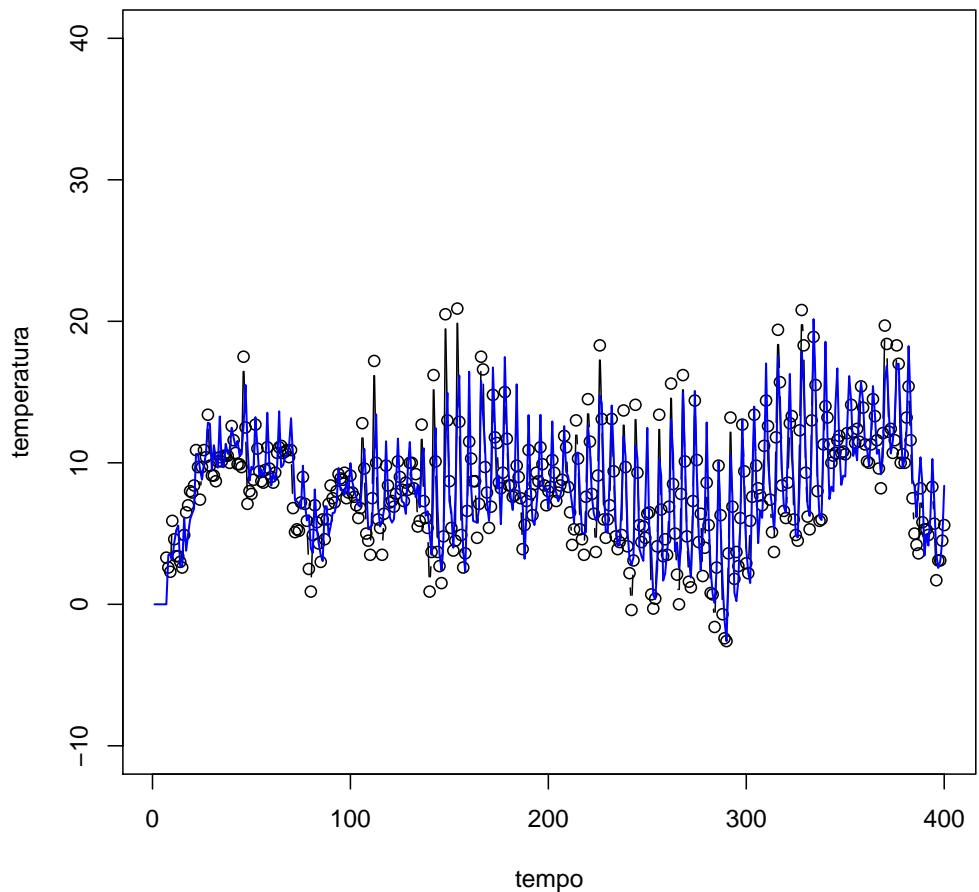


Figura 76: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 1

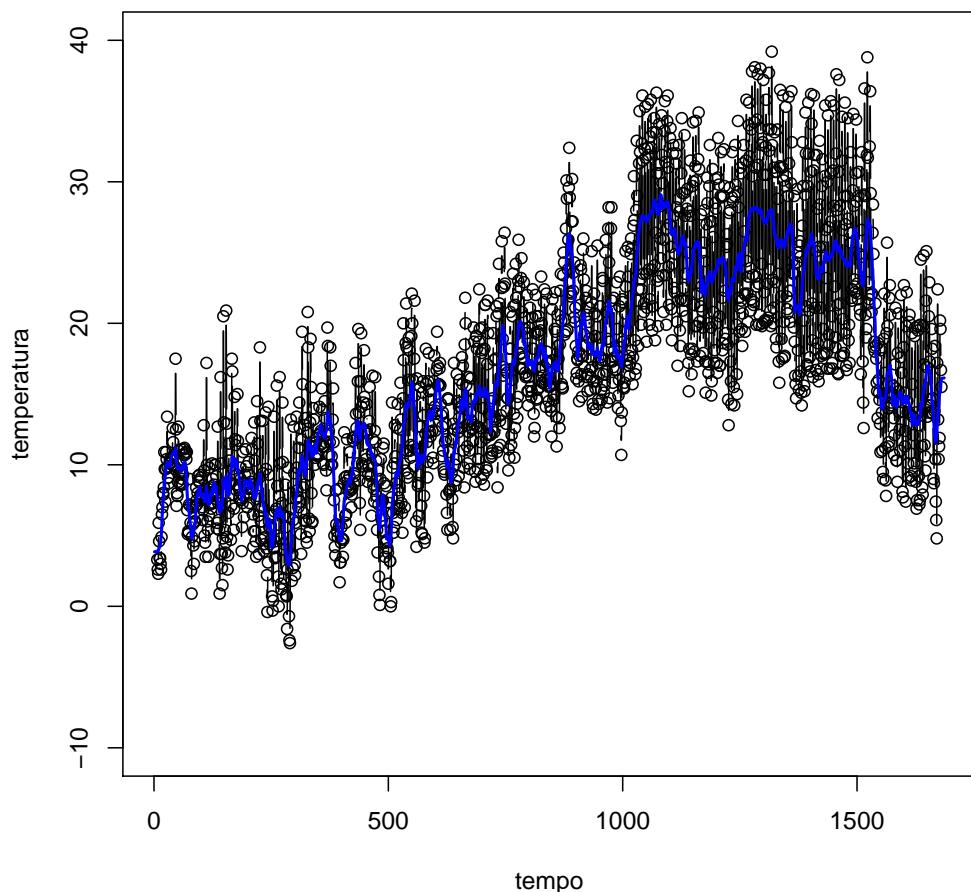


Figura 77: Smoother di Kalman - Tesi 3, Vigna 1

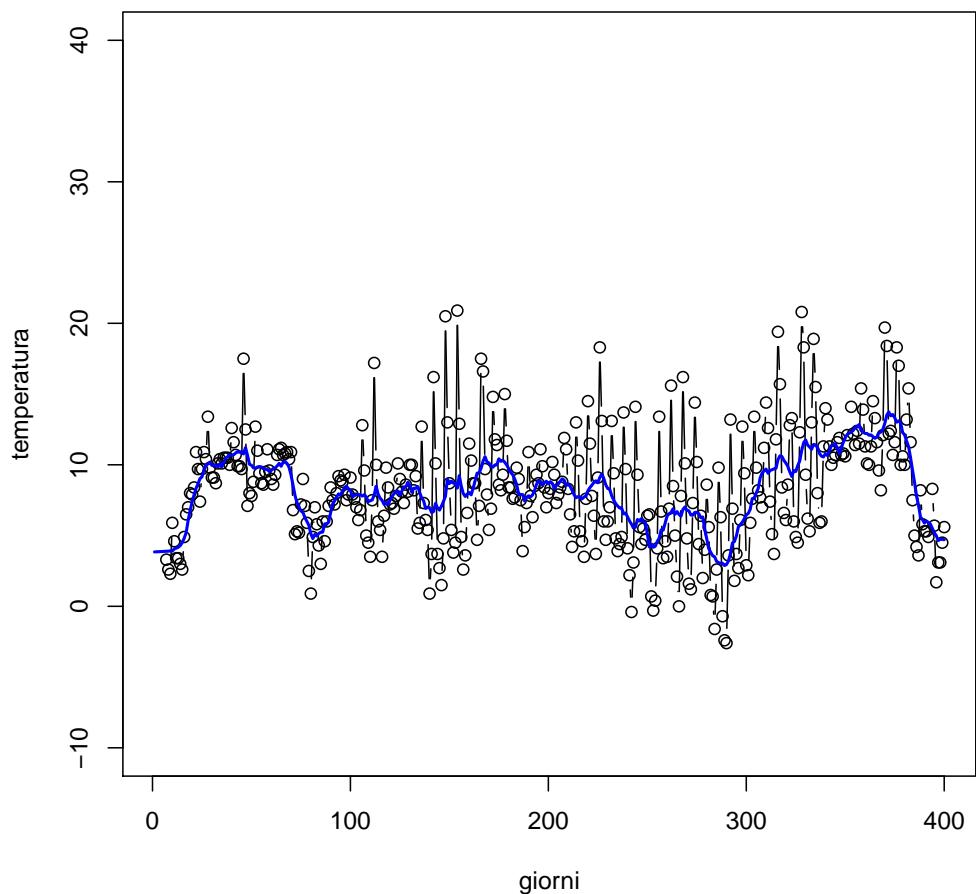


Figura 78: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 1

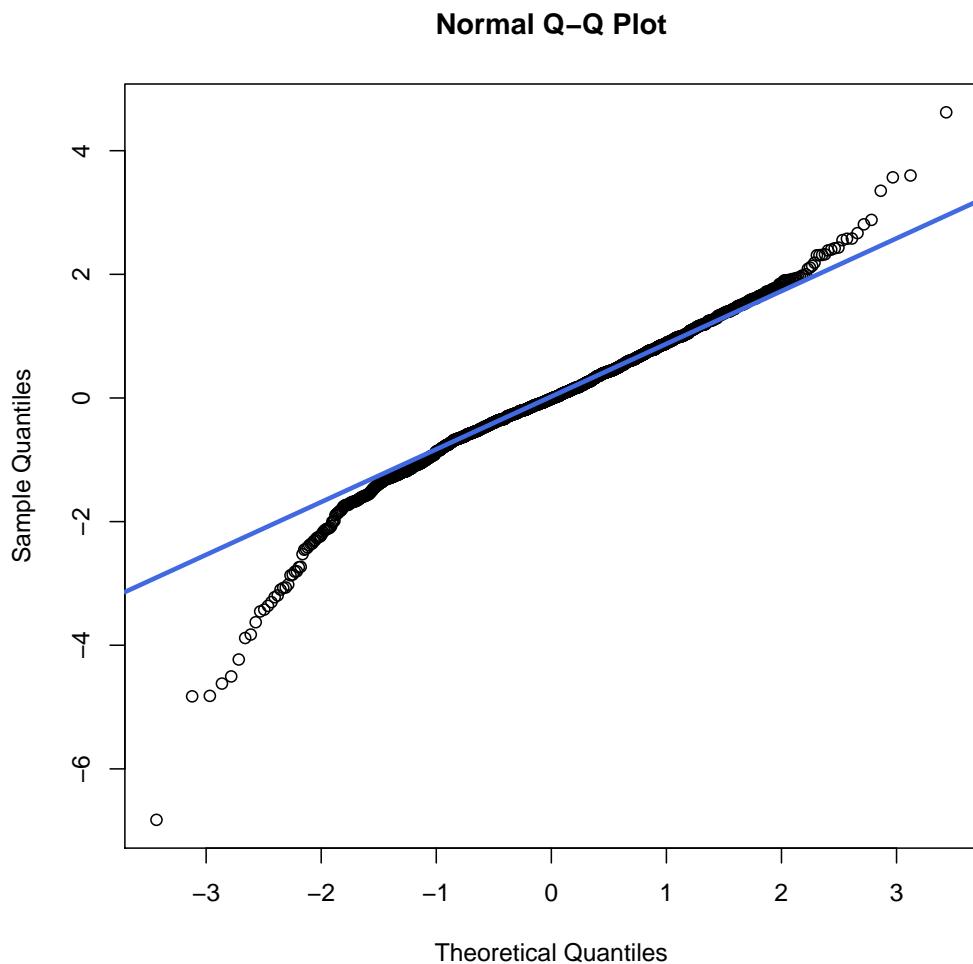


Figura 79: Q-Qplot - Tesi 3, Vigna 1

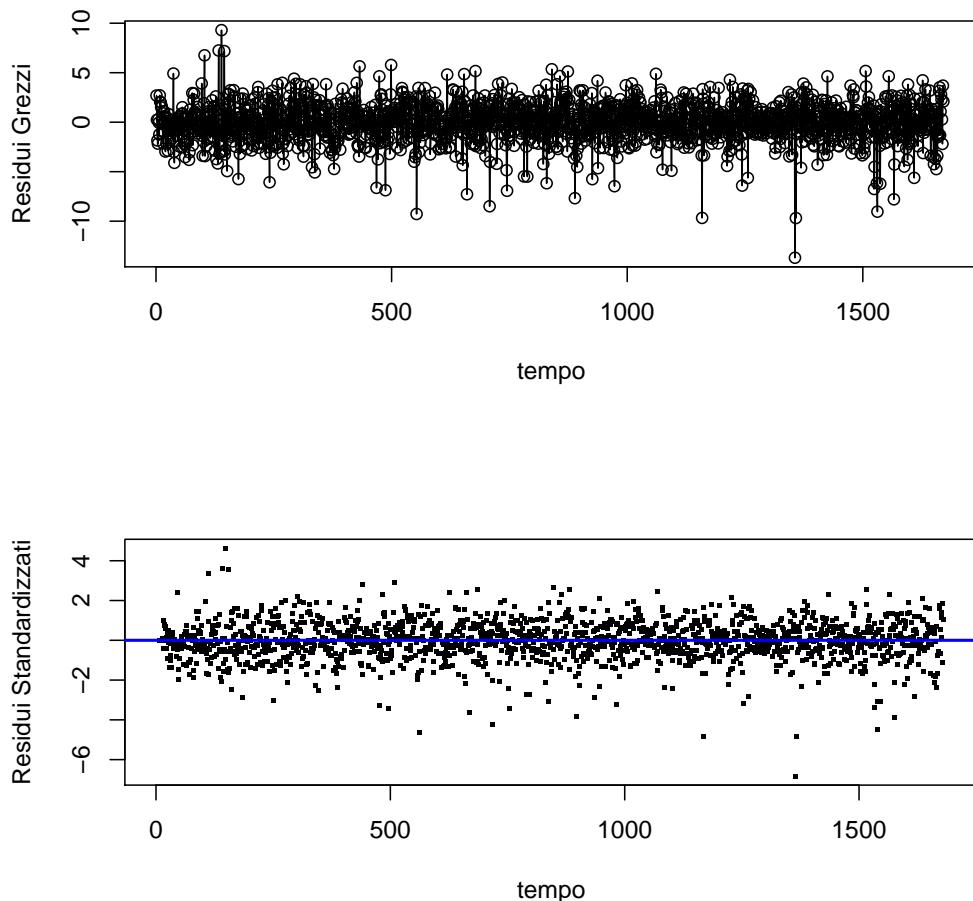


Figura 80: Analisi dei Residui - Tesi 3, Vigna 1

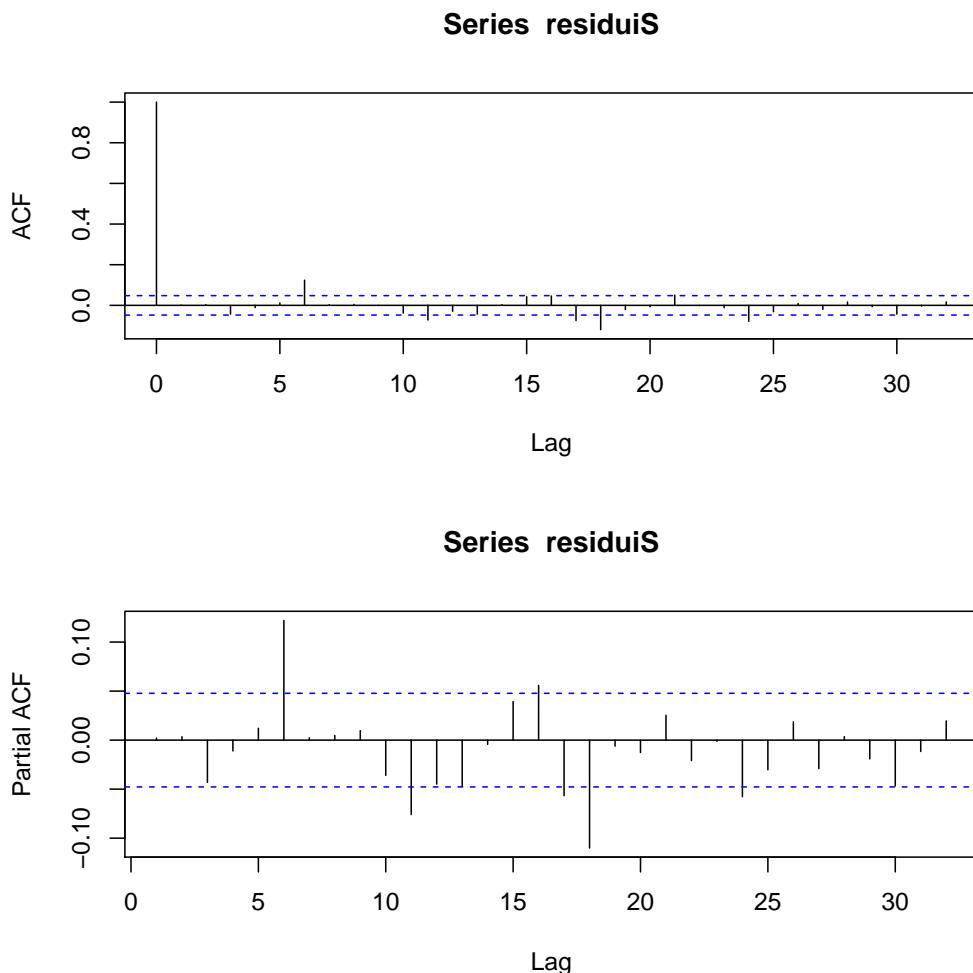


Figura 81: Grafici ACF e PACF - Tesi 3, Vigna 1

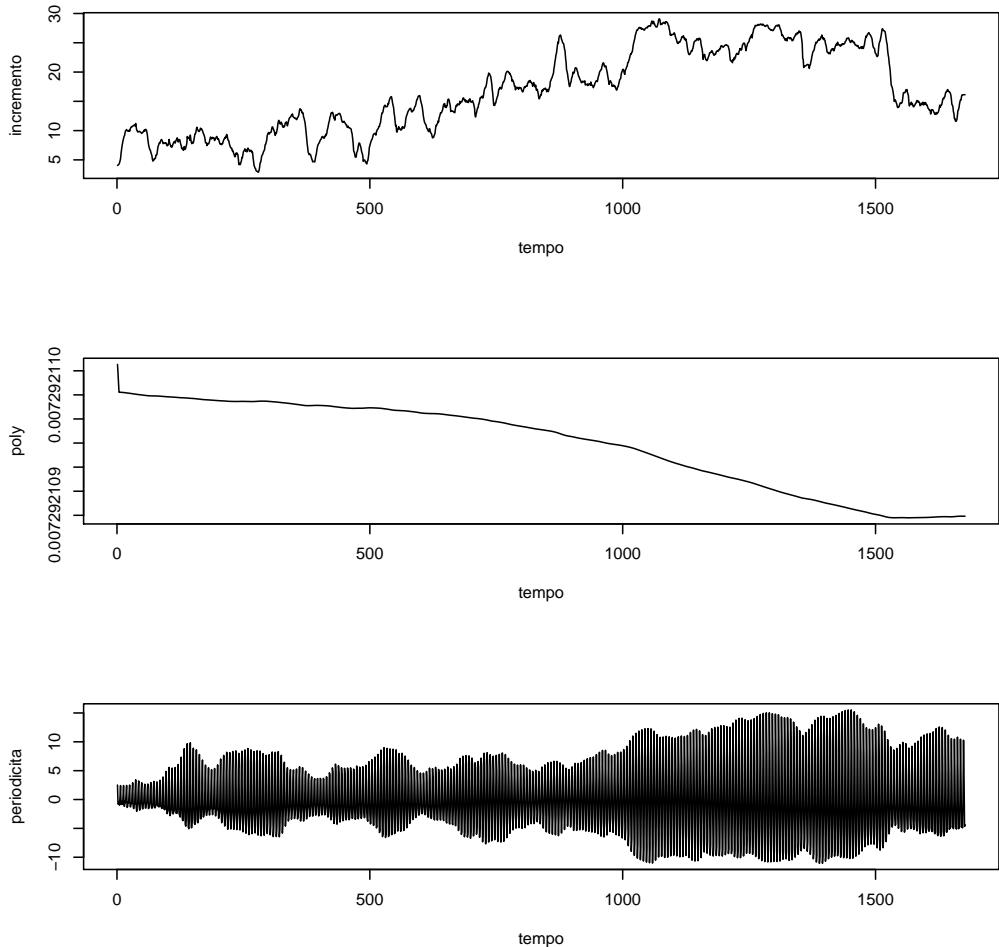


Figura 82: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 3, Vigna 1

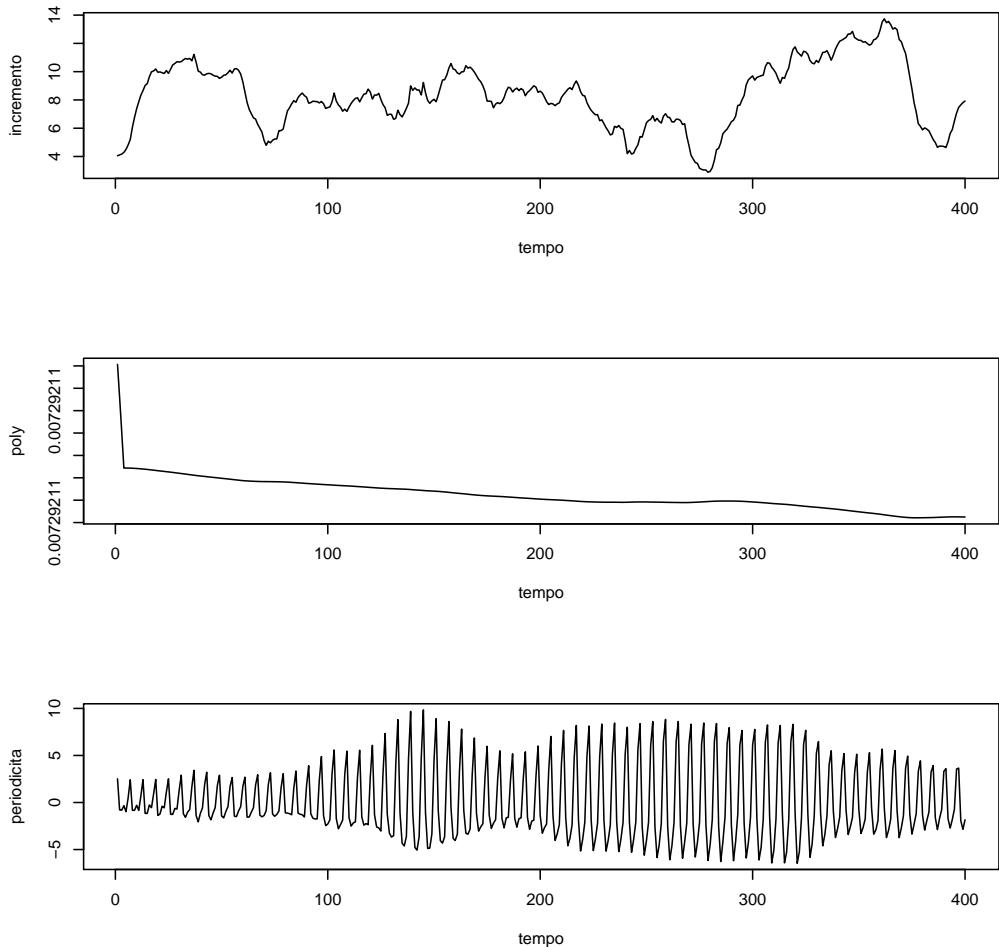


Figura 83: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 1

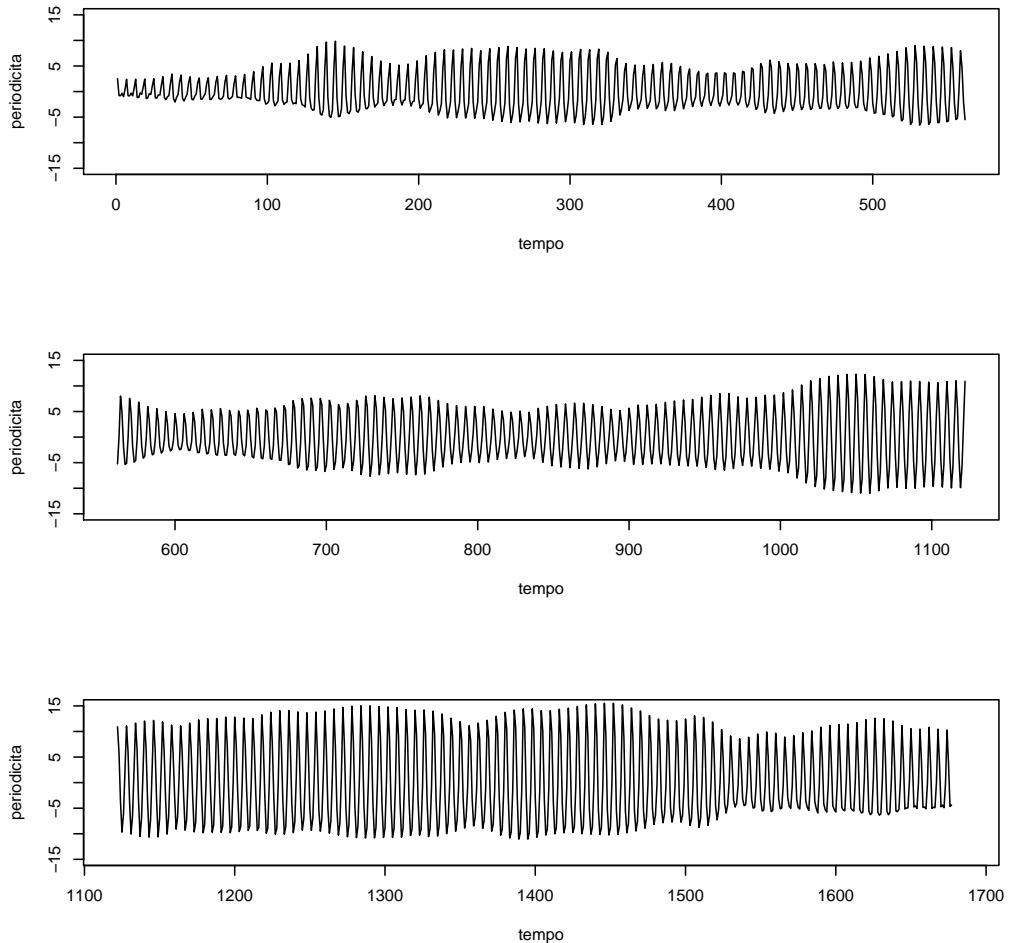


Figura 84: Componente Periodica - Tesi 3, Vigna 1

3.2.4 Slave Vigna 1 - Tesi 4

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

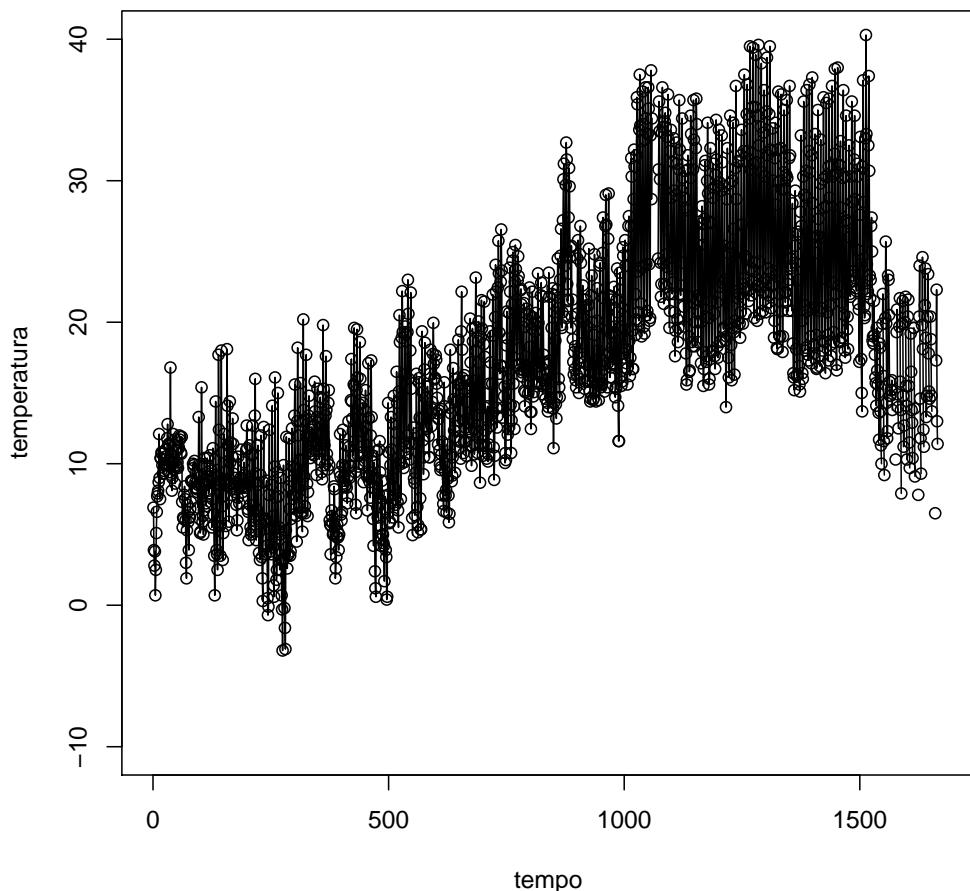


Figura 85: Dati Osservati - Tesi 4, Vigna 1

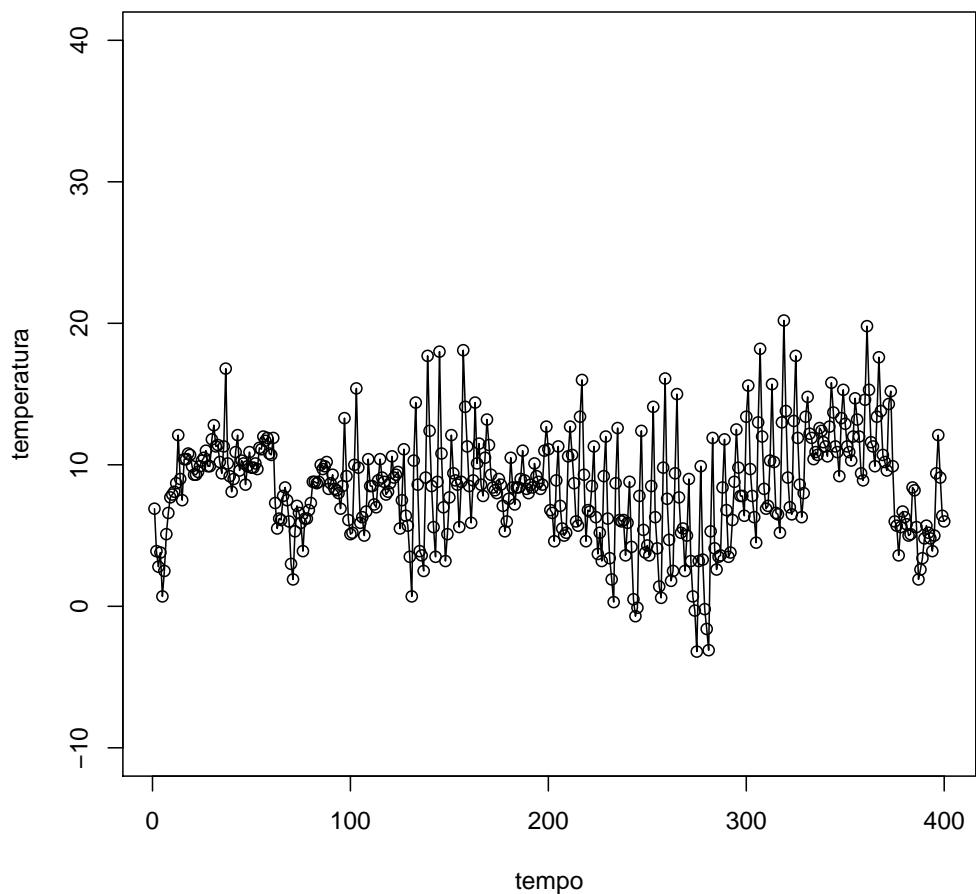


Figura 86: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 1

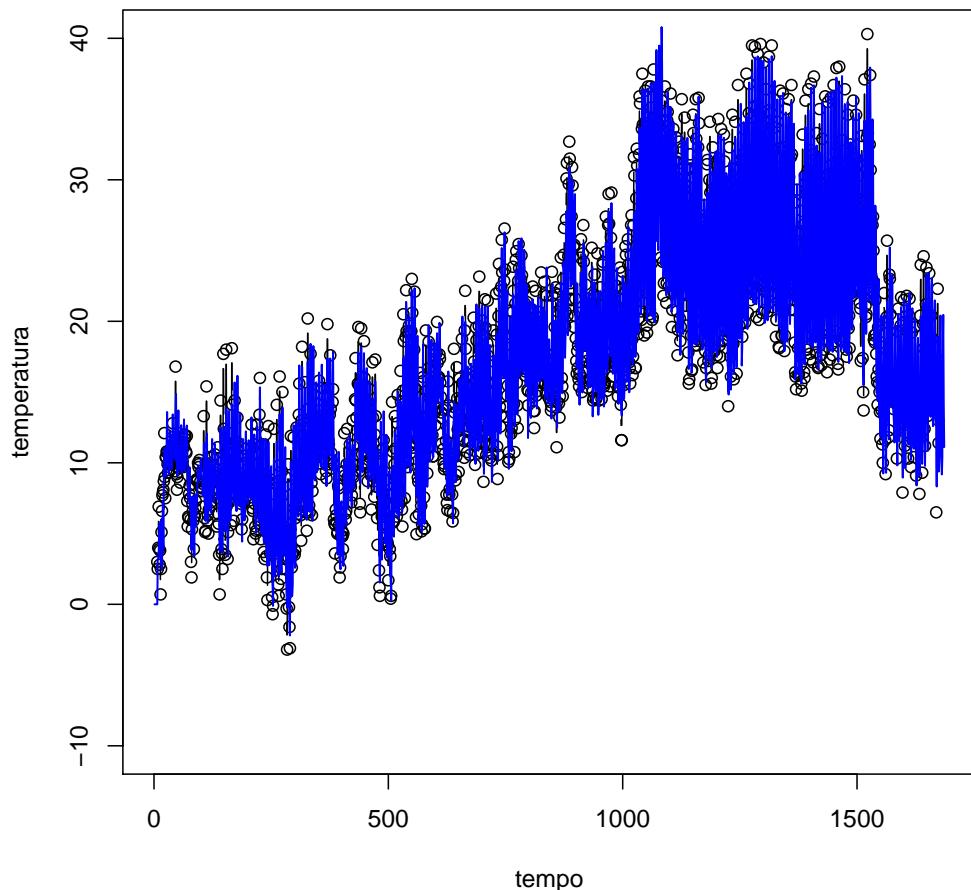


Figura 87: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 4, Vigna 1

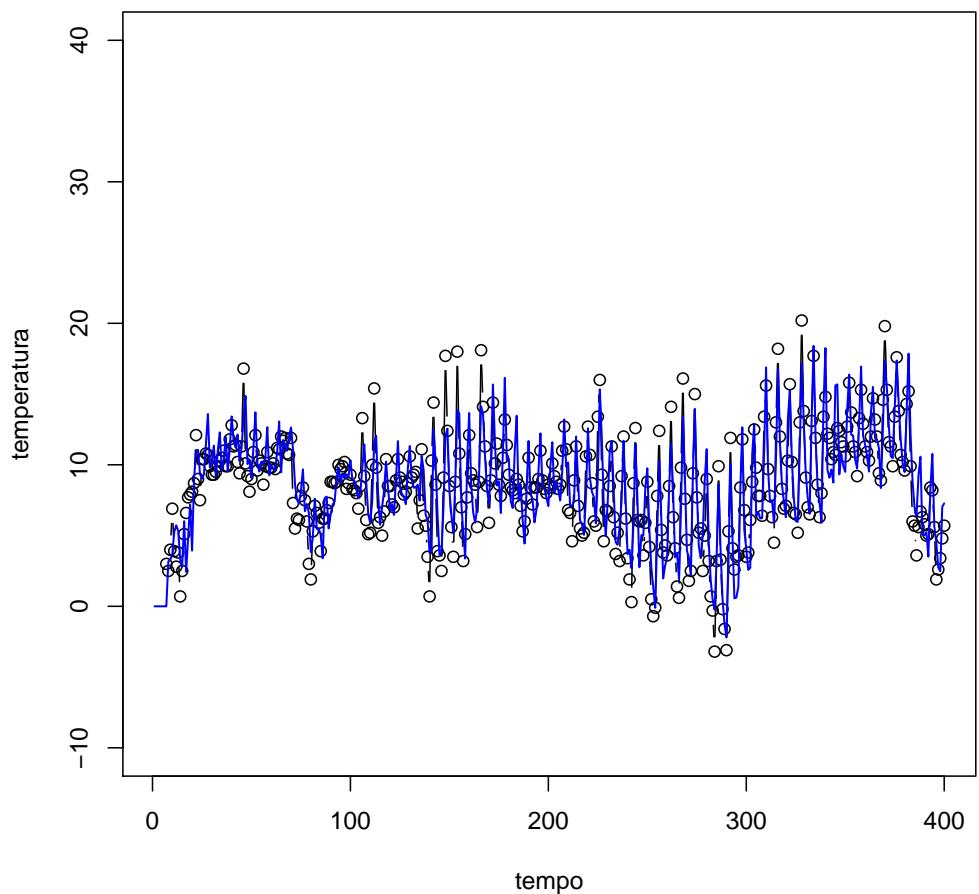


Figura 88: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 1

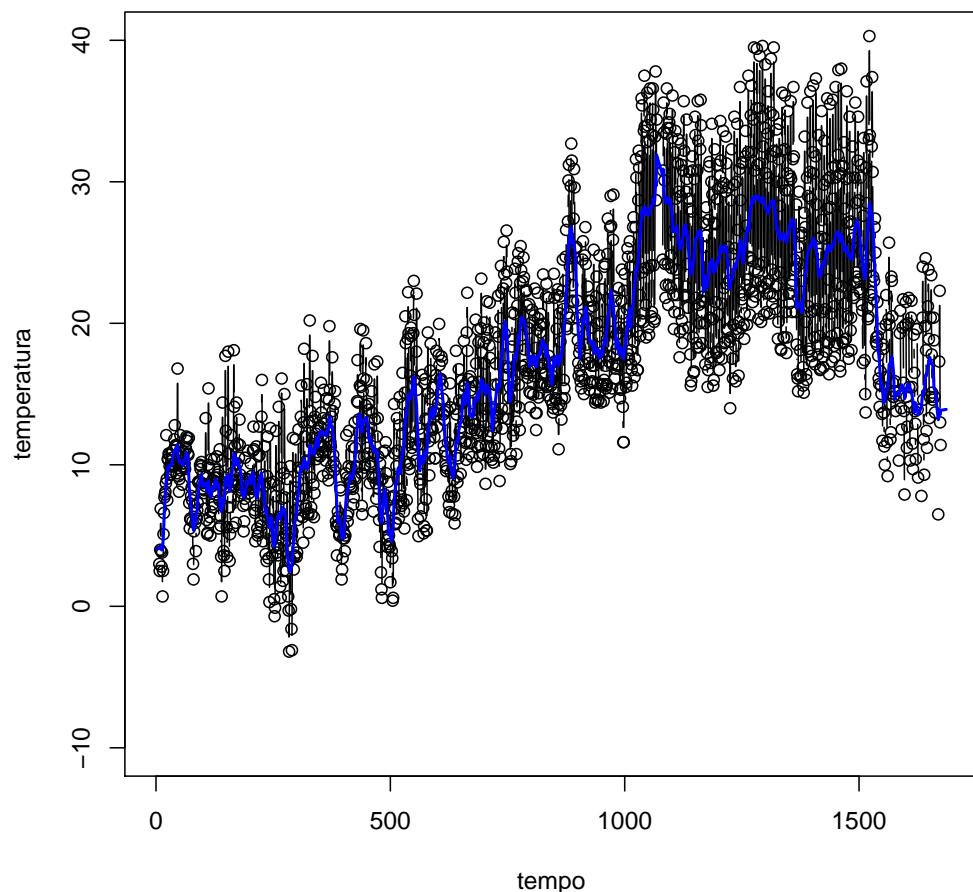


Figura 89: Smoother di Kalman - Tesi 4, Vigna 1

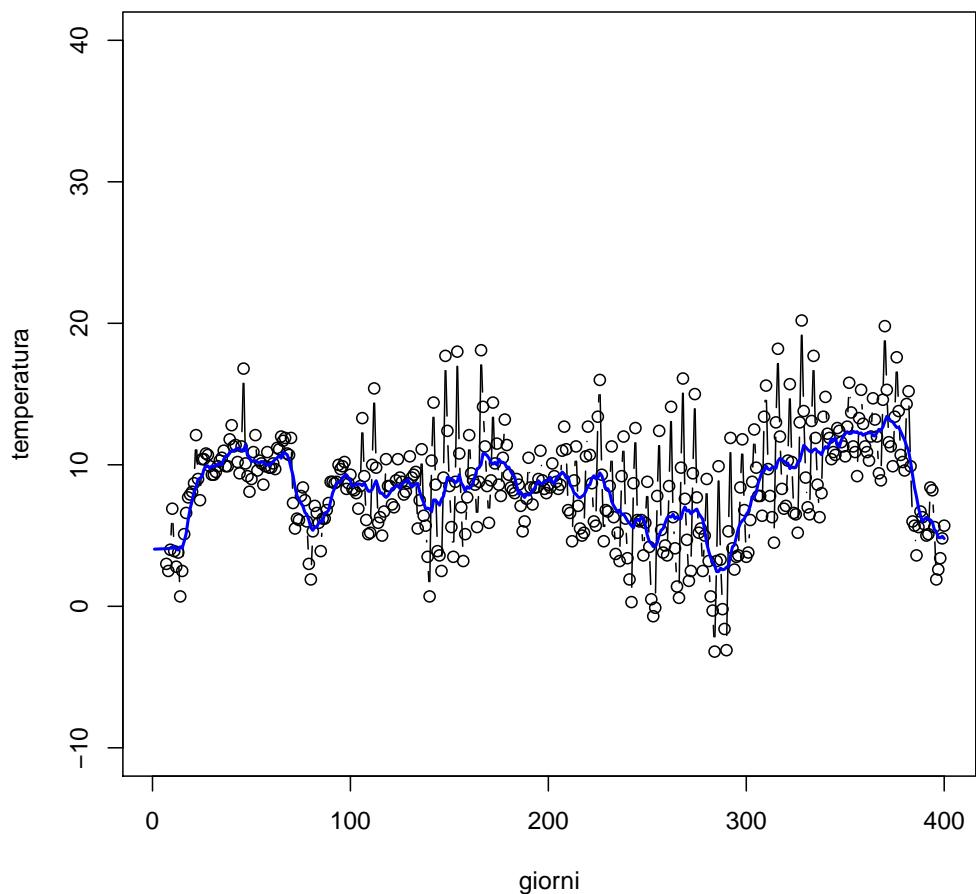


Figura 90: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 1

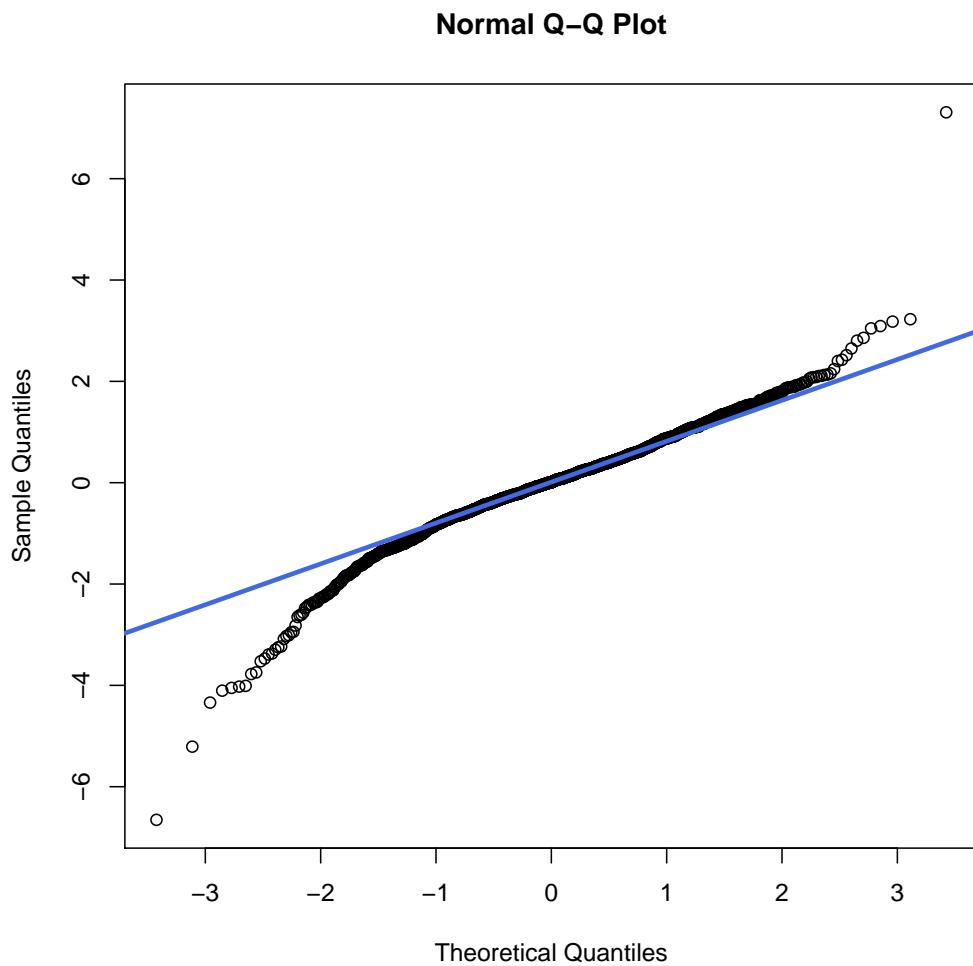


Figura 91: Q-Qplot - Tesi 4, Vigna 1

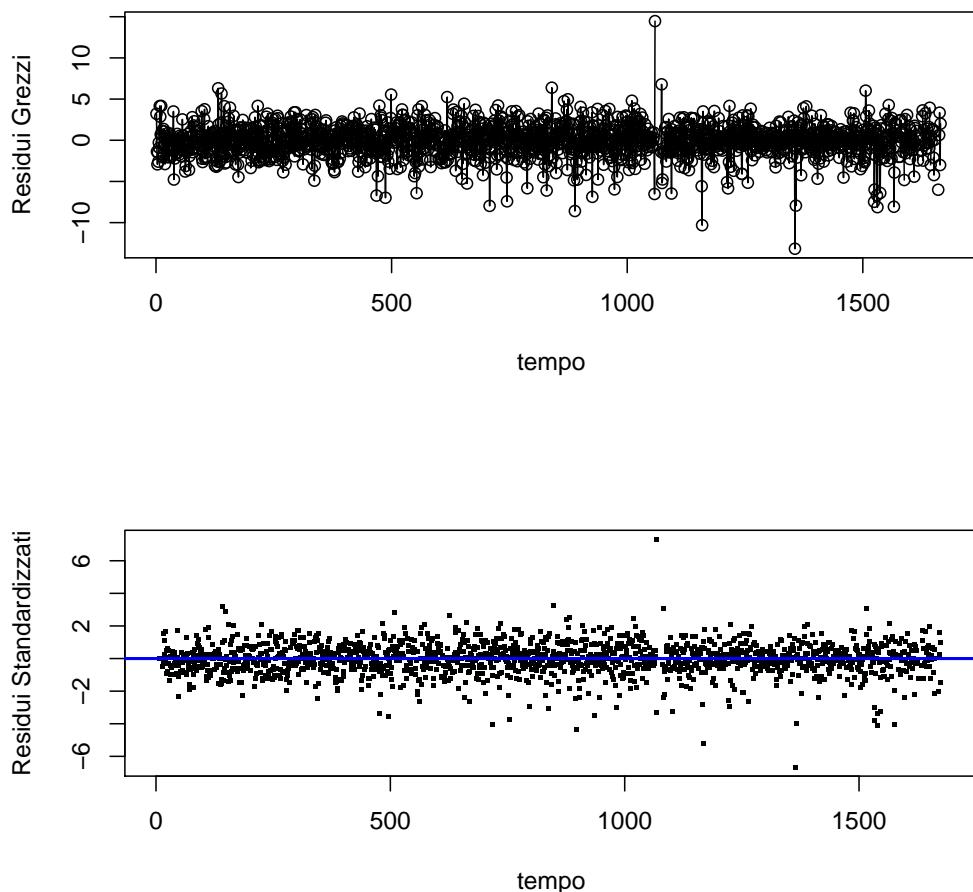


Figura 92: Analisi dei Residui - Tesi 4, Vigna 1

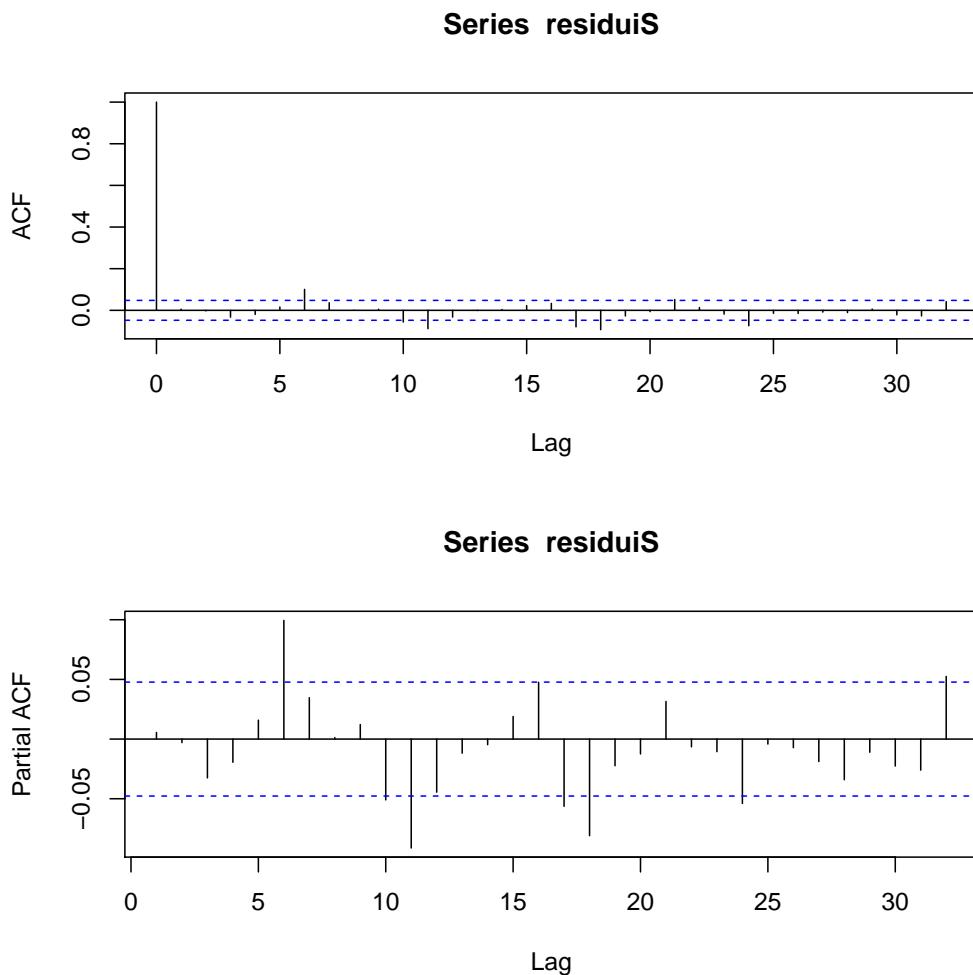


Figura 93: Grafici ACF e PACF - Tesi 4, Vigna 1

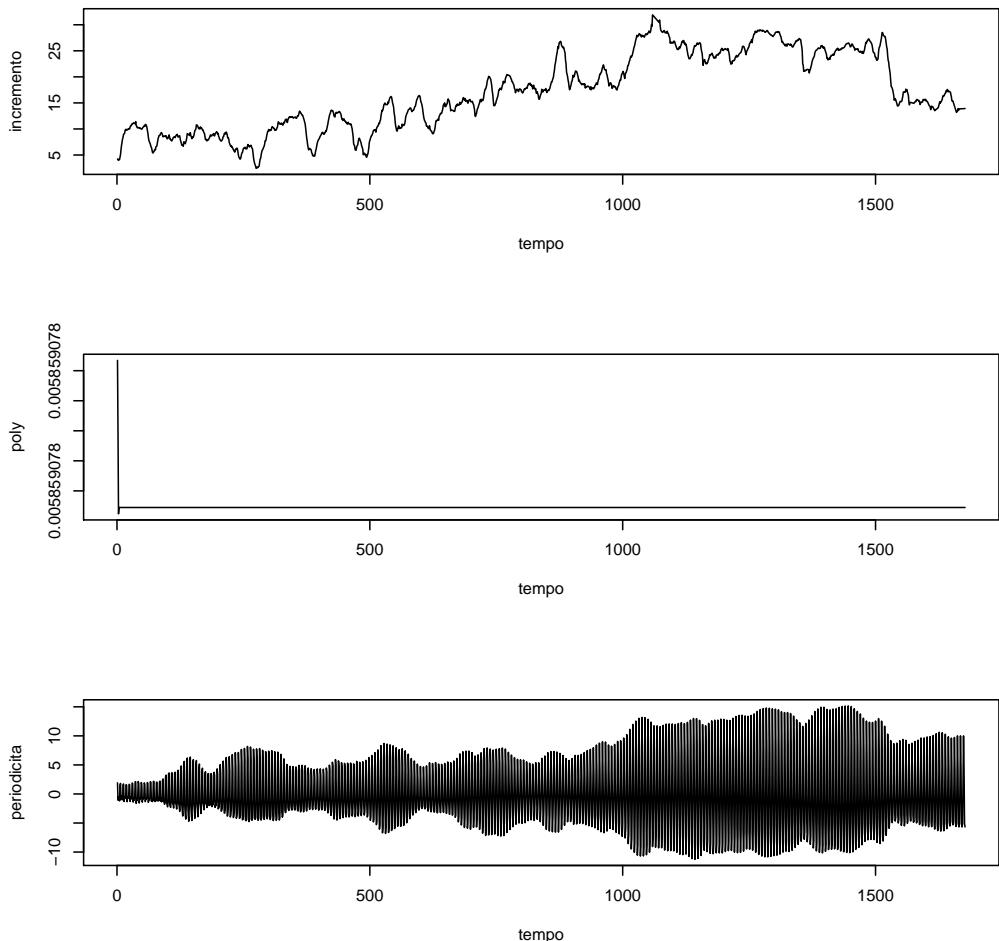


Figura 94: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 4, Vigna 1

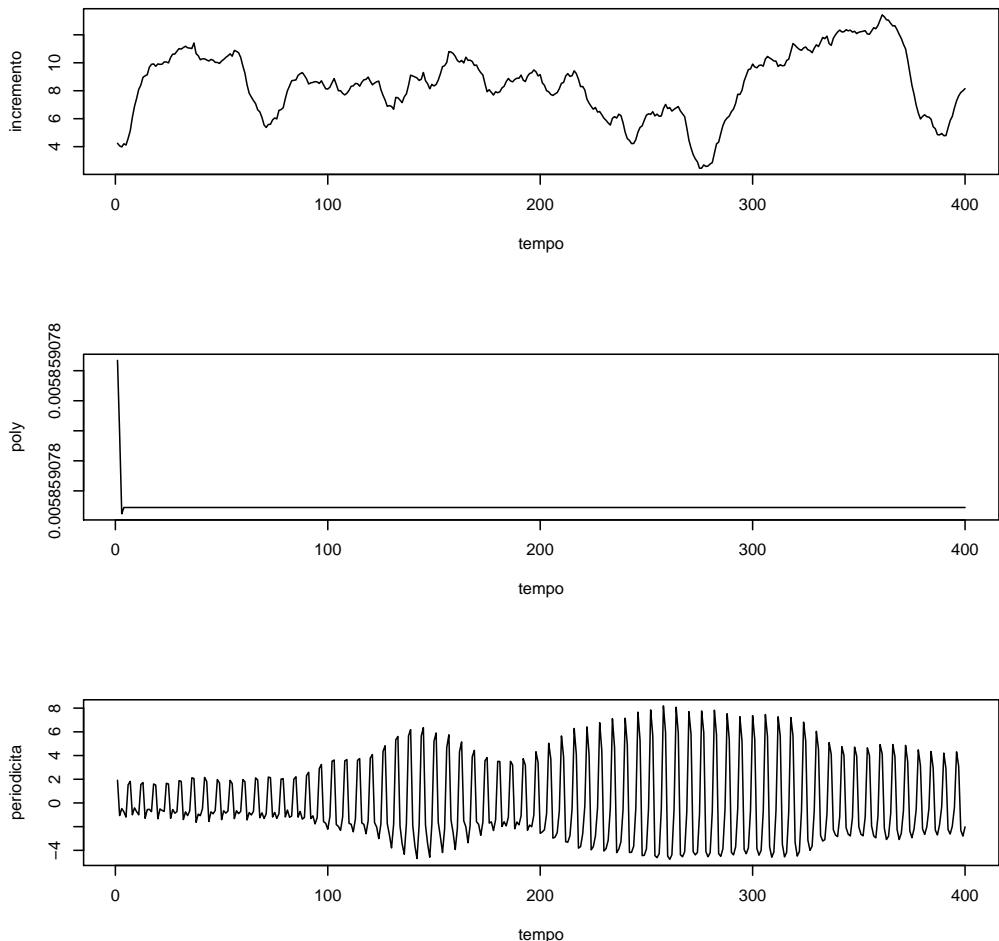


Figura 95: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 1

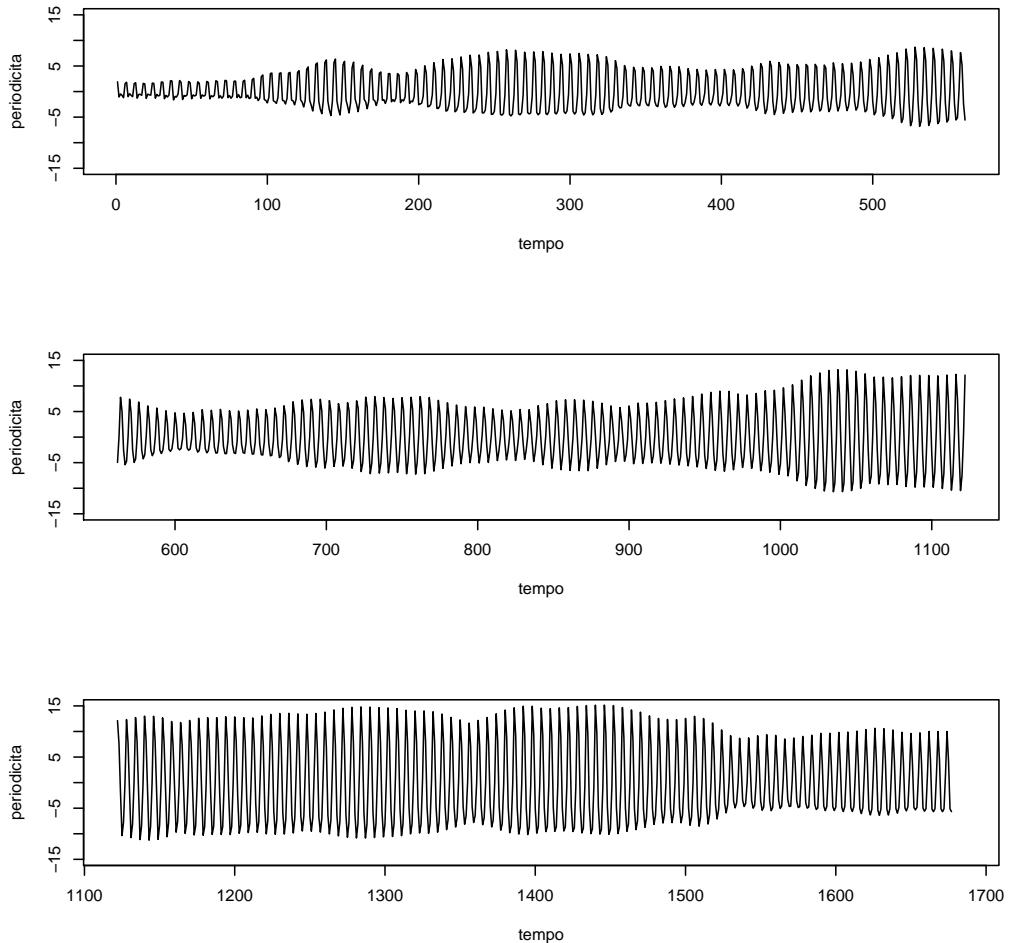


Figura 96: Componente Periodica - Tesi 4, Vigna 1

3.2.5 Slave Vigna 1 - Tesi 5

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

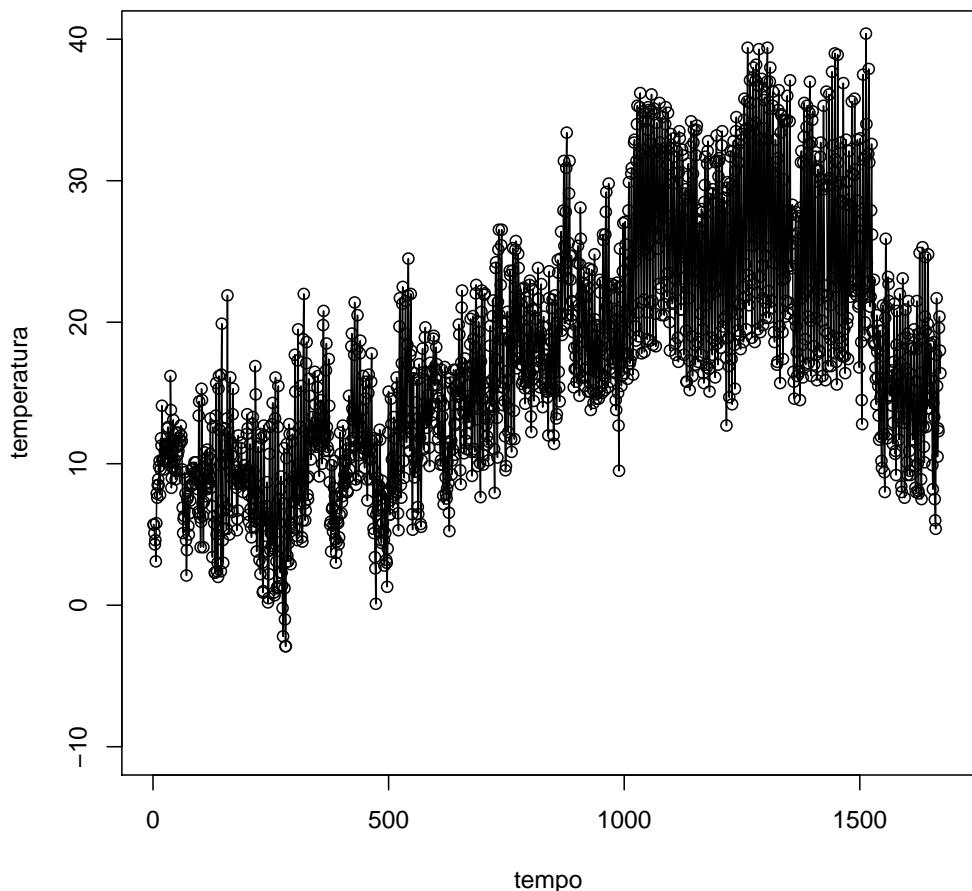


Figura 97: Dati Osservati - Tesi 5, Vigna 1

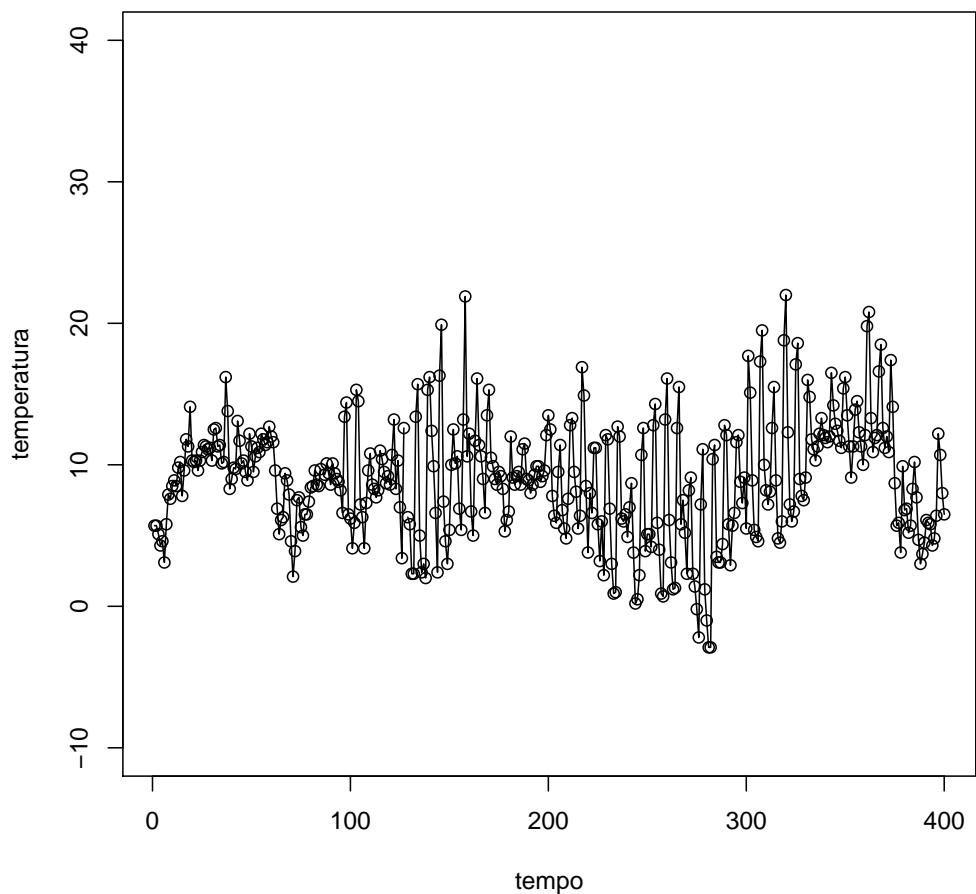


Figura 98: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 1

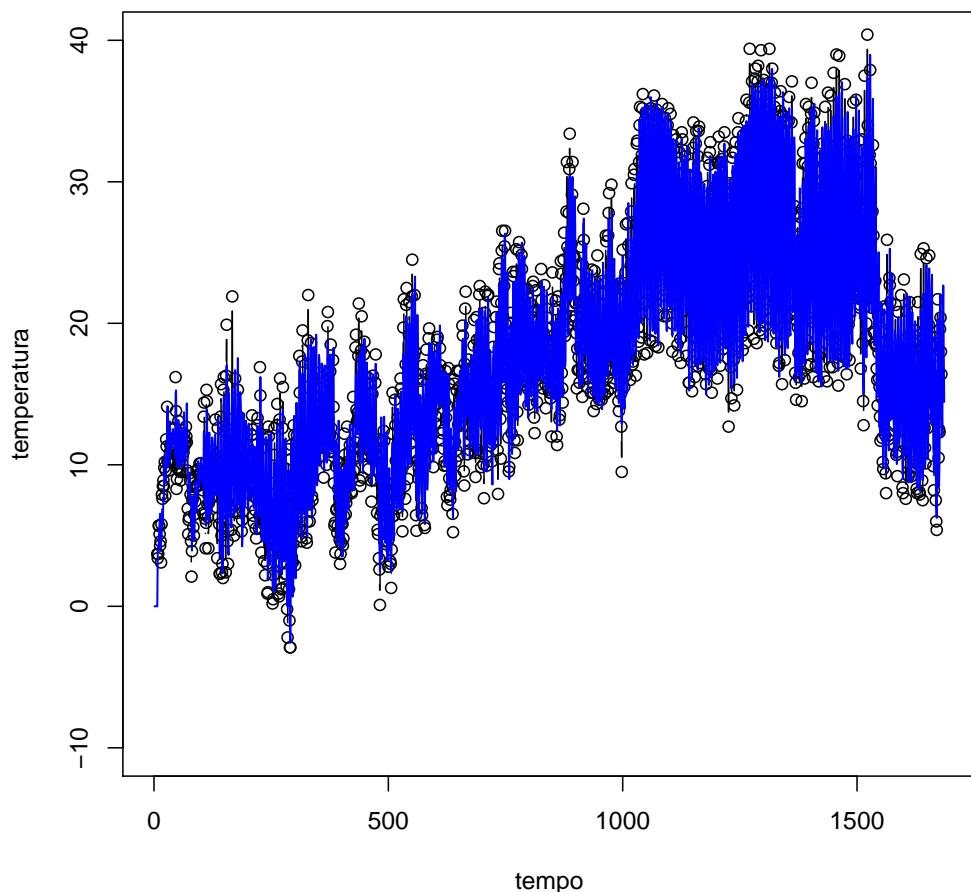


Figura 99: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 5, Vigna 1

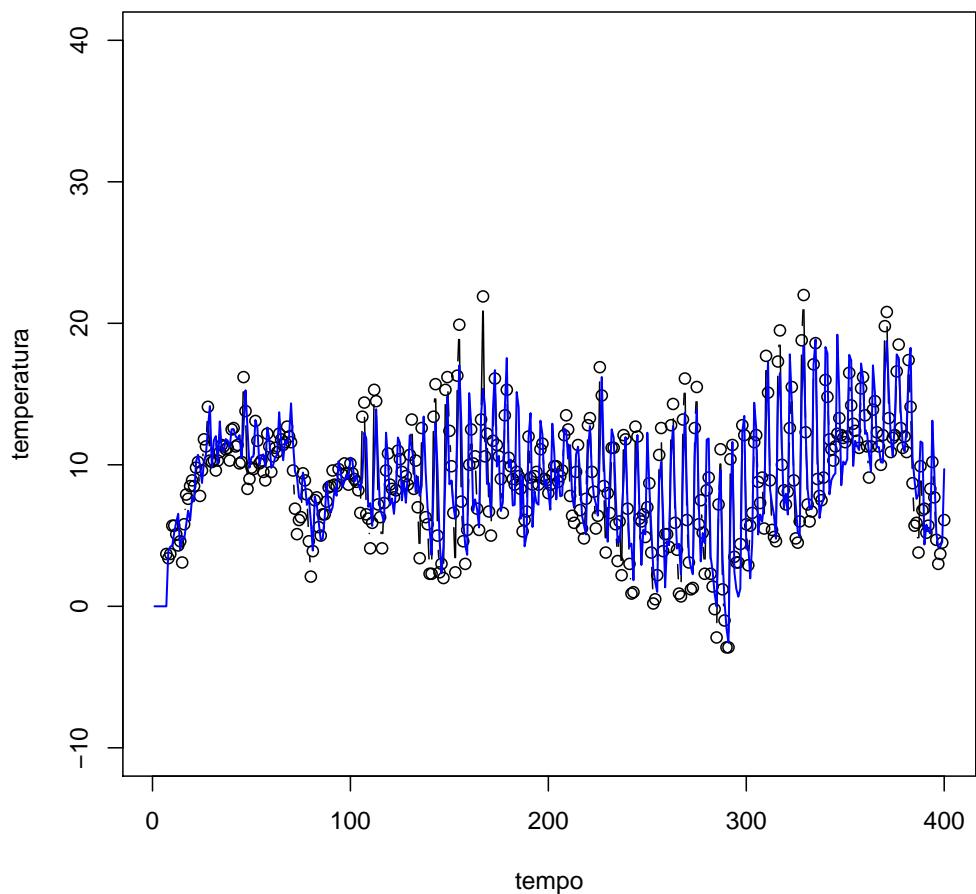


Figura 100: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 1

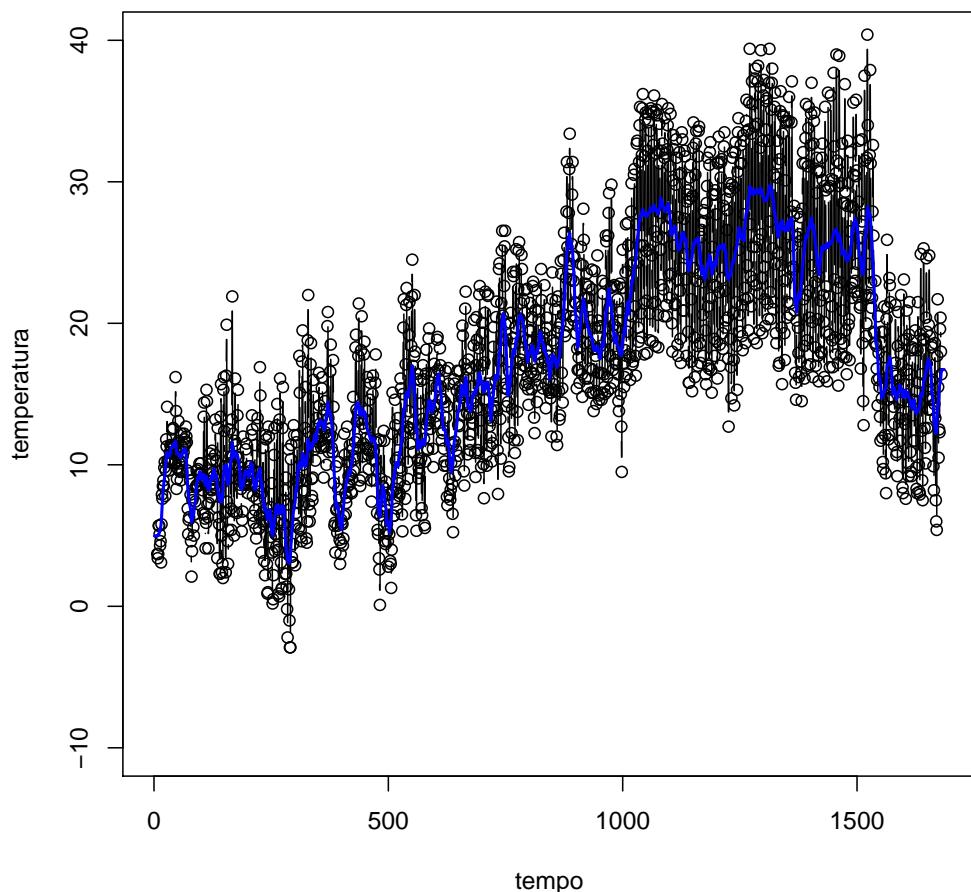


Figura 101: Smoother di Kalman - Tesi 5, Vigna 1

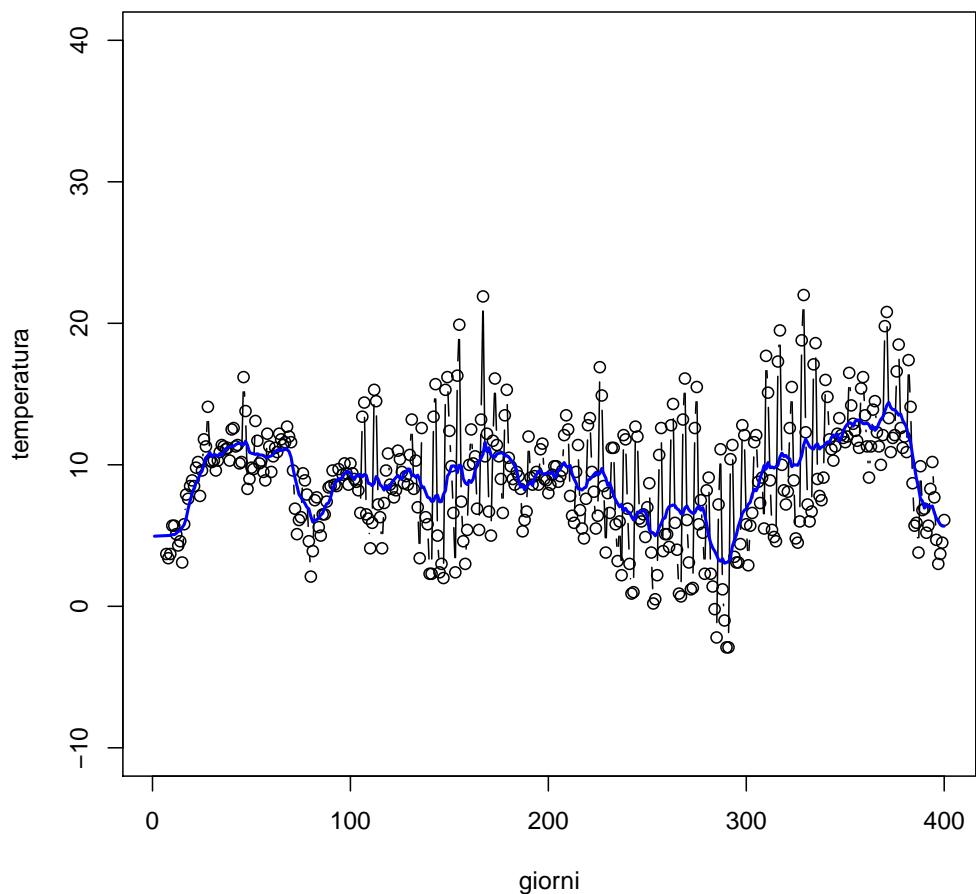


Figura 102: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 1

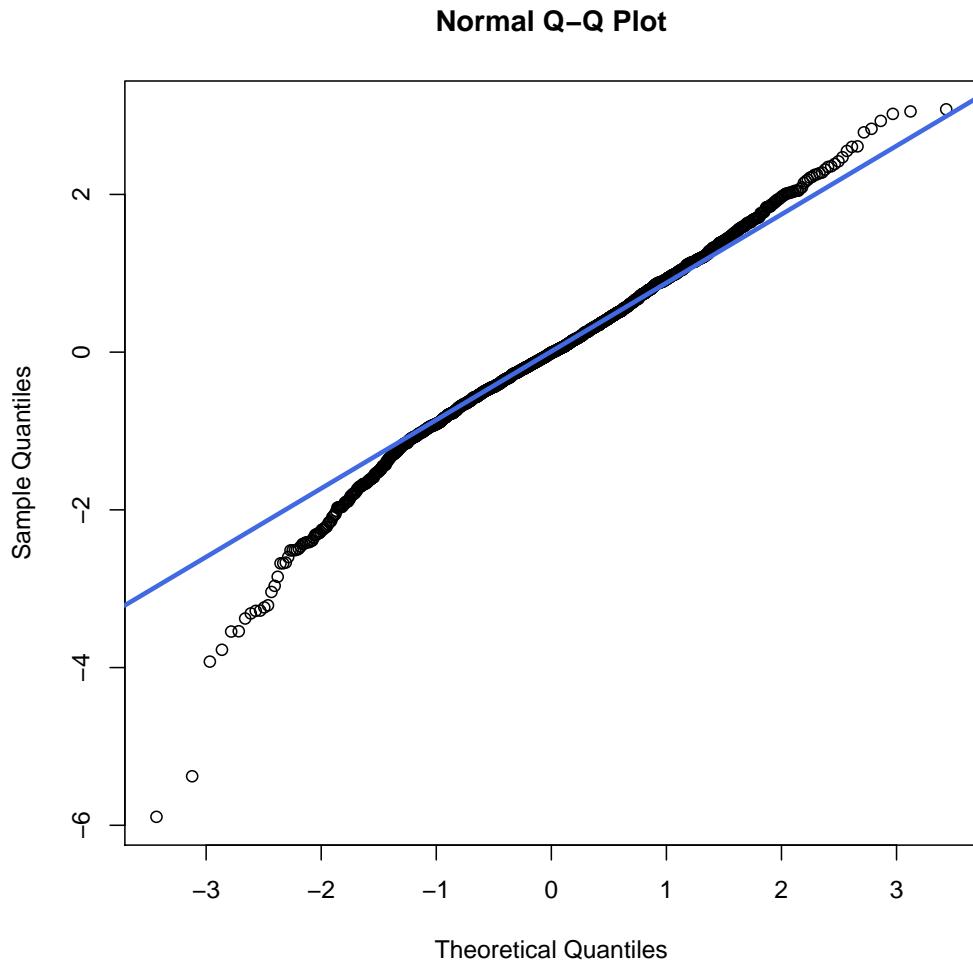


Figura 103: Q-Qplot - Tesi 5, Vigna 1

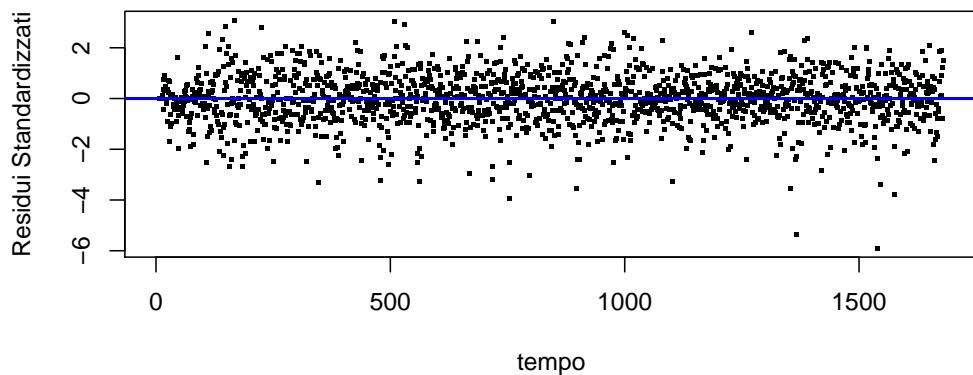
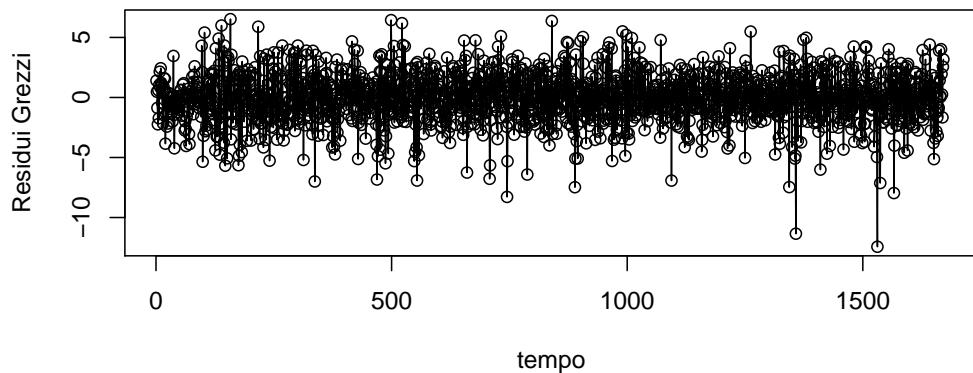


Figura 104: Analisi dei Residui - Tesi 5, Vigna 1

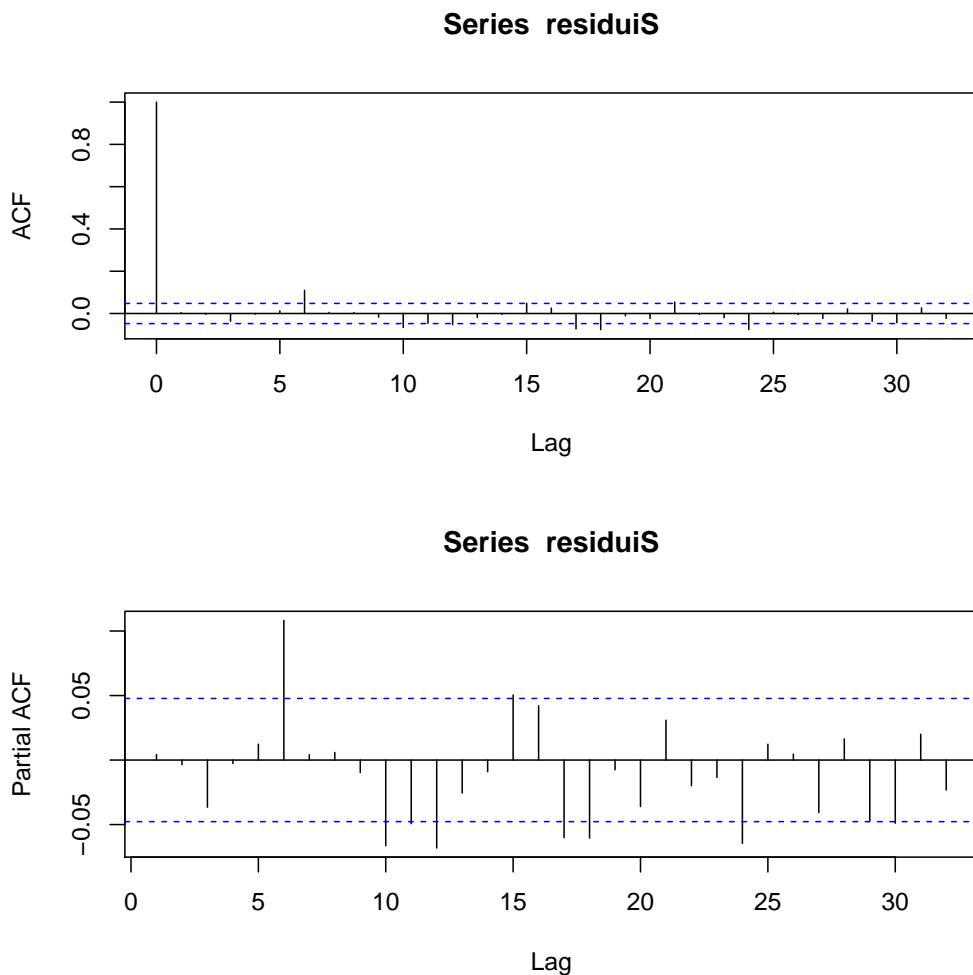


Figura 105: Grafici ACF e PACF - Tesi 5, Vigna 1

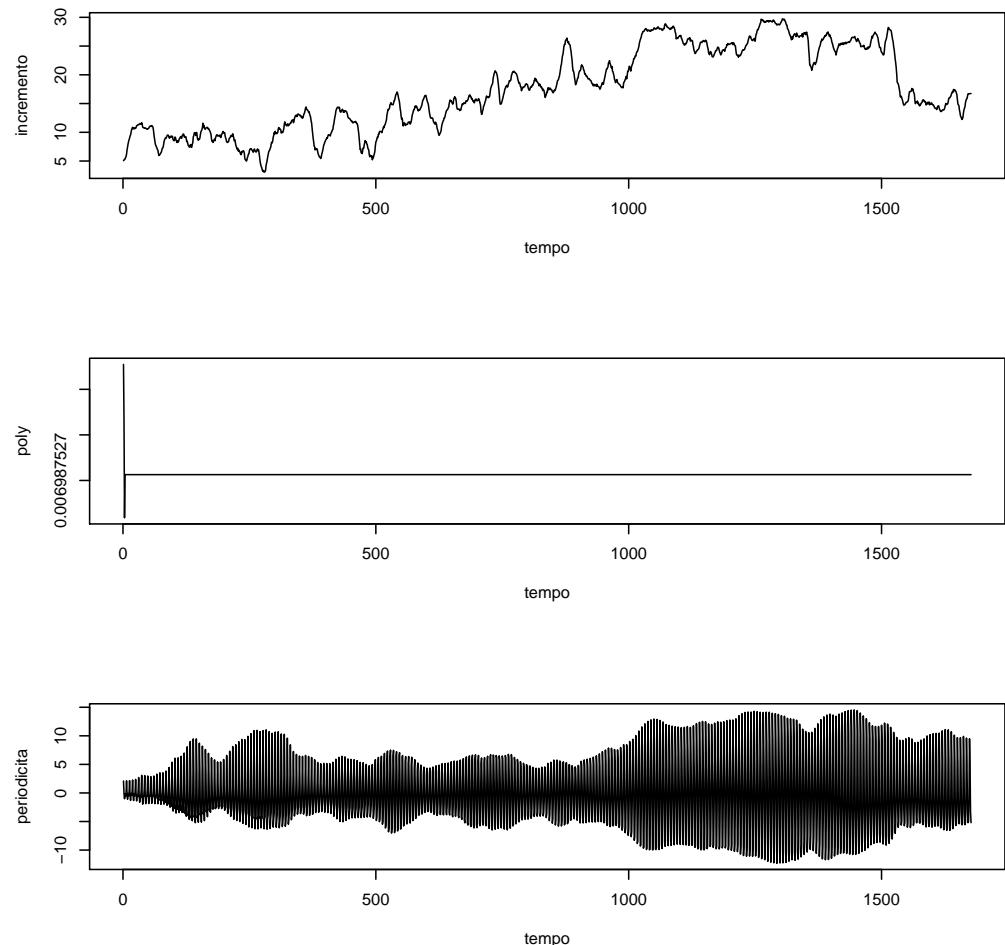


Figura 106: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 5, Vigna 1

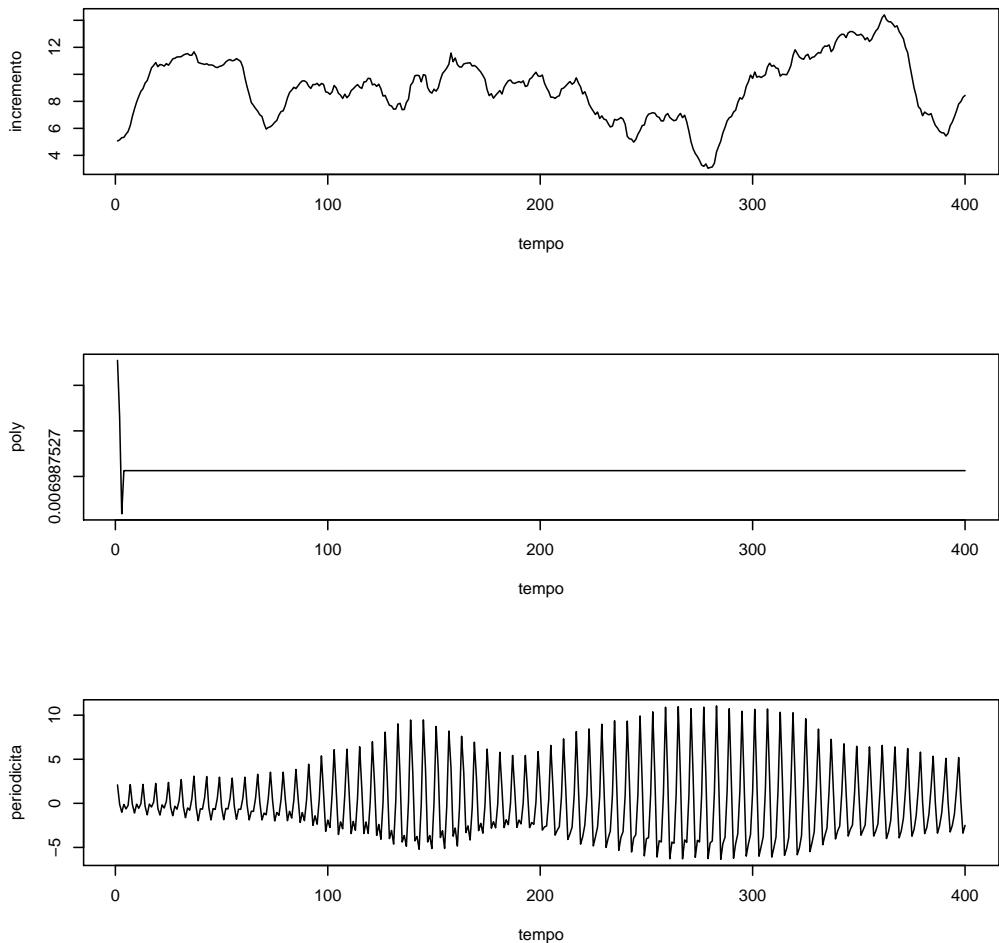


Figura 107: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 1

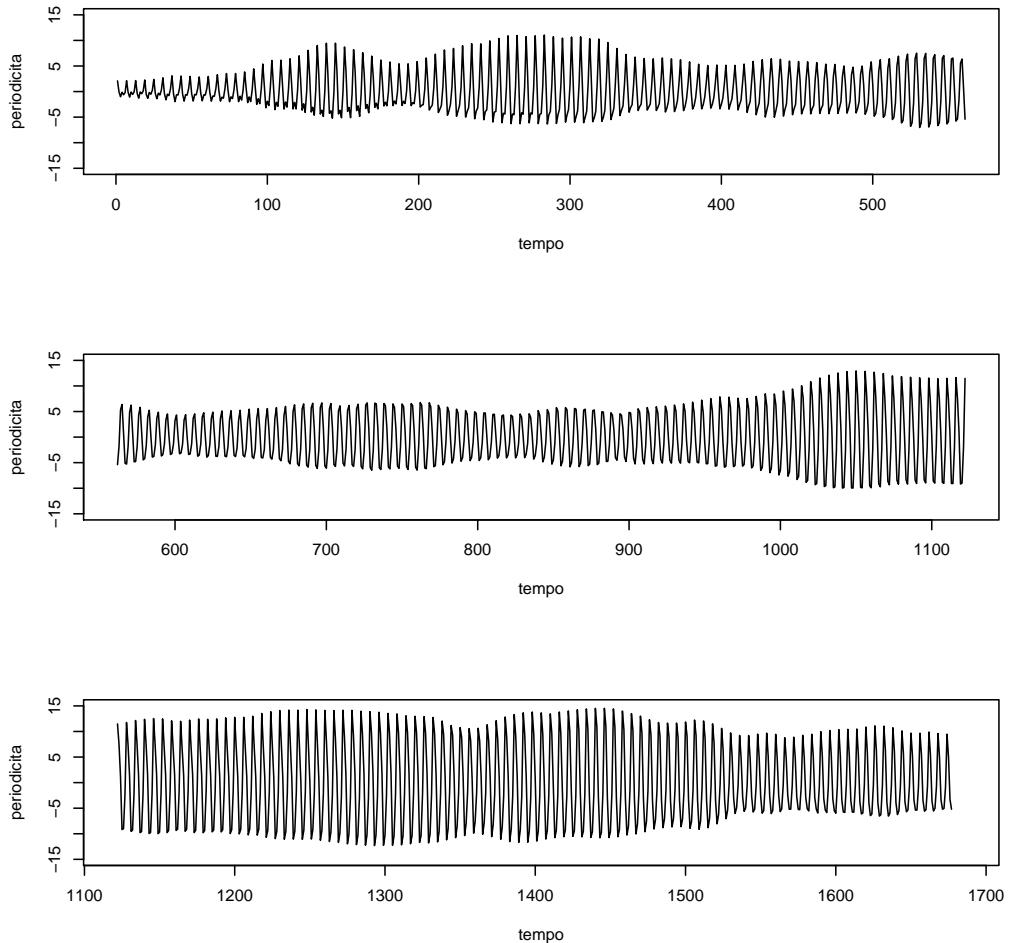


Figura 108: Componente Periodica - Tesi 5, Vigna 1

3.2.6 Slave Vigna 1 - Tesi 6

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

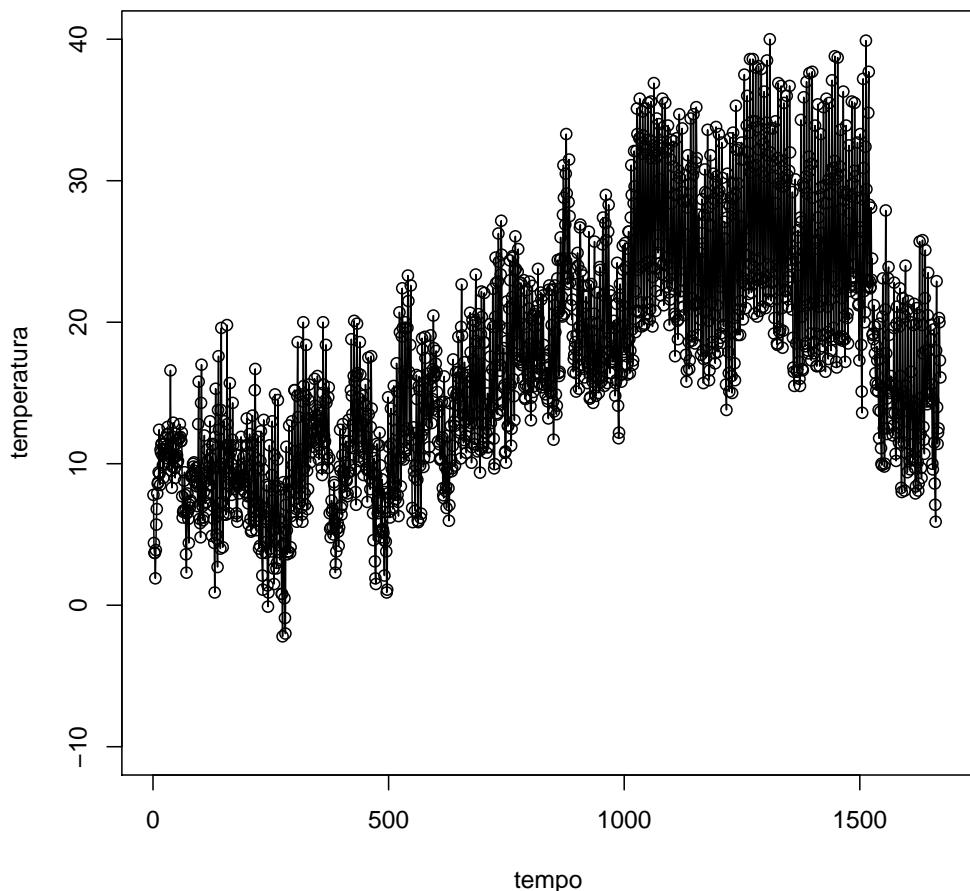


Figura 109: Dati Osservati - Tesi 6, Vigna 1

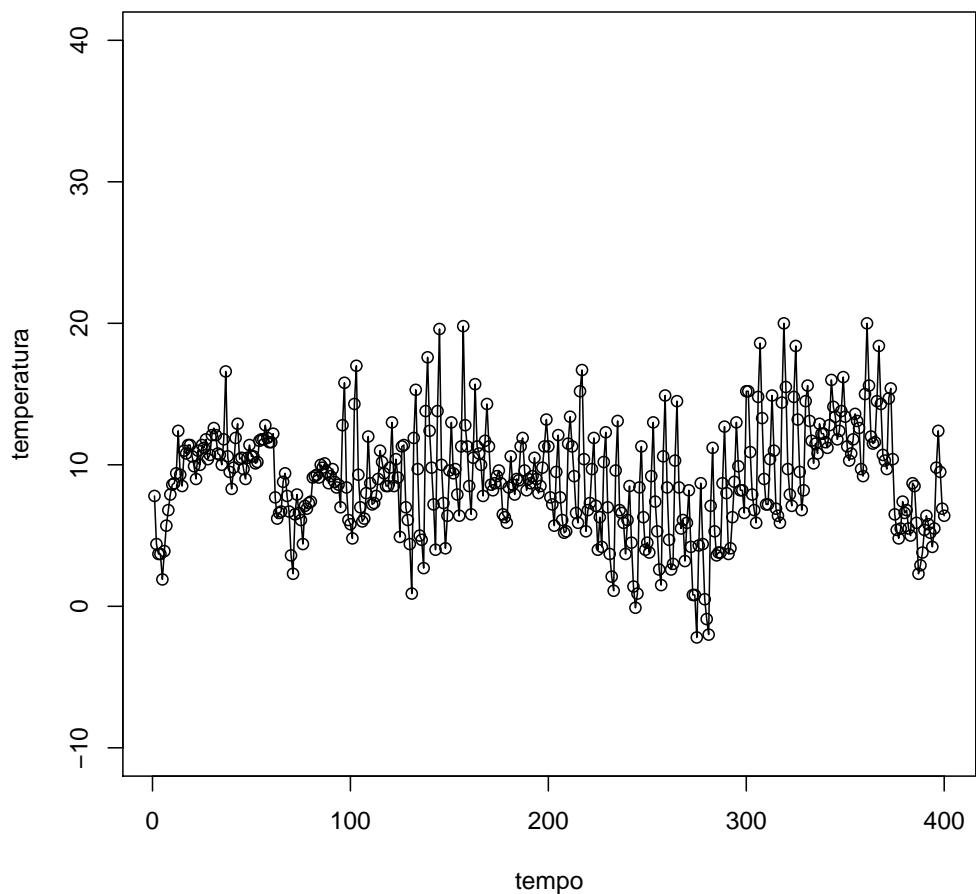


Figura 110: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 1

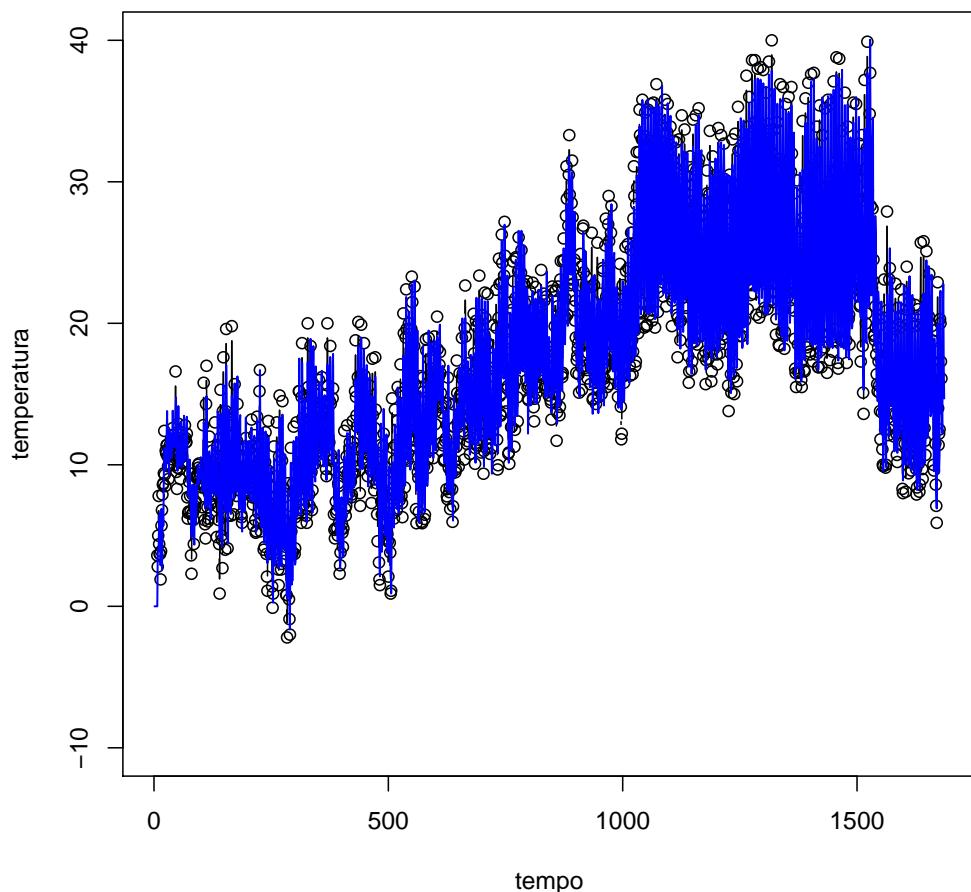


Figura 111: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 6, Vigna 1

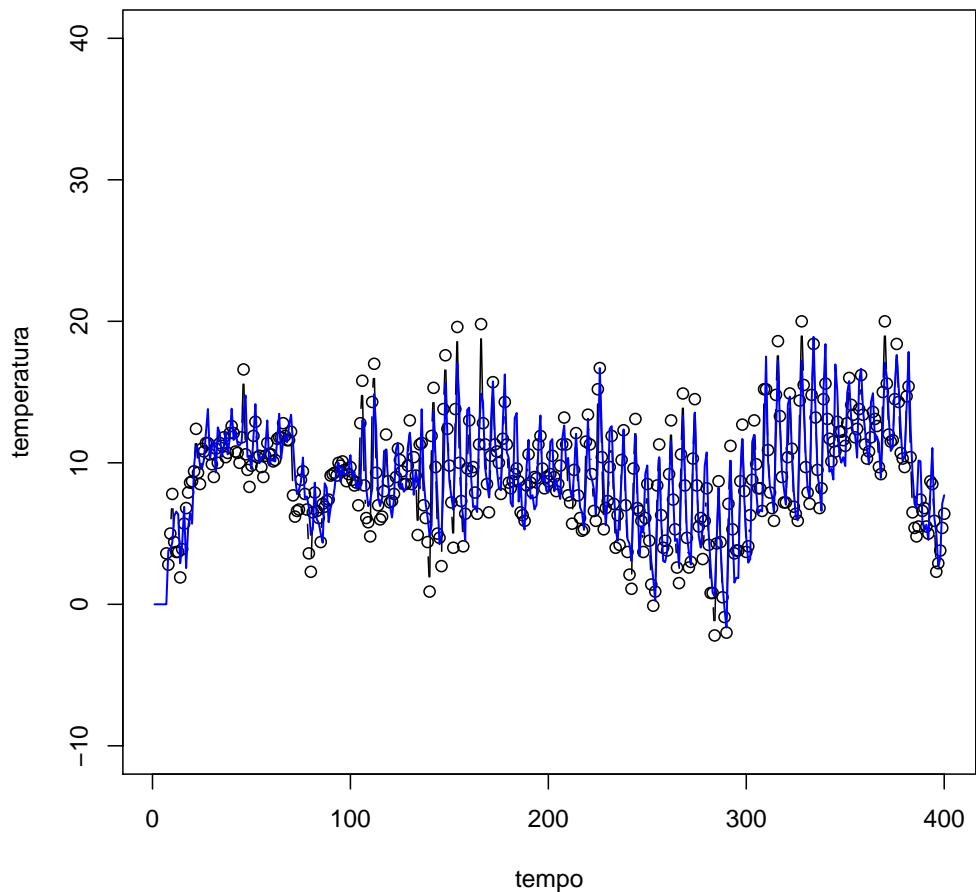


Figura 112: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 1

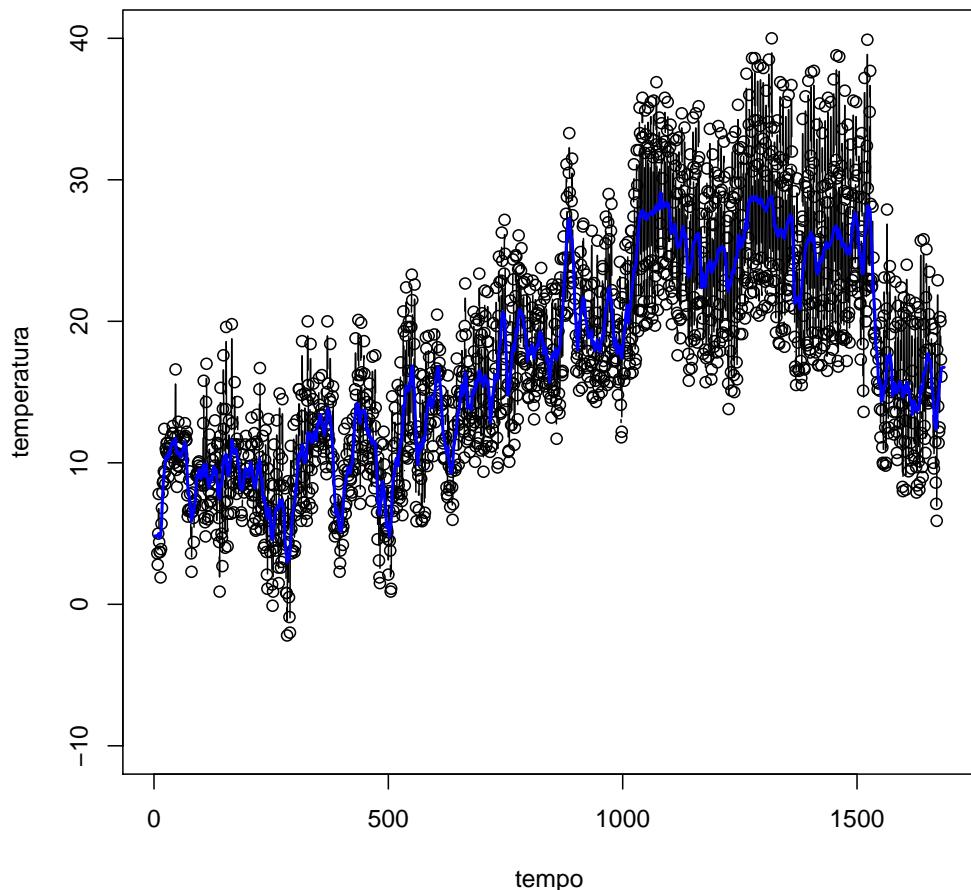


Figura 113: Smoother di Kalman - Tesi 6, Vigna 1

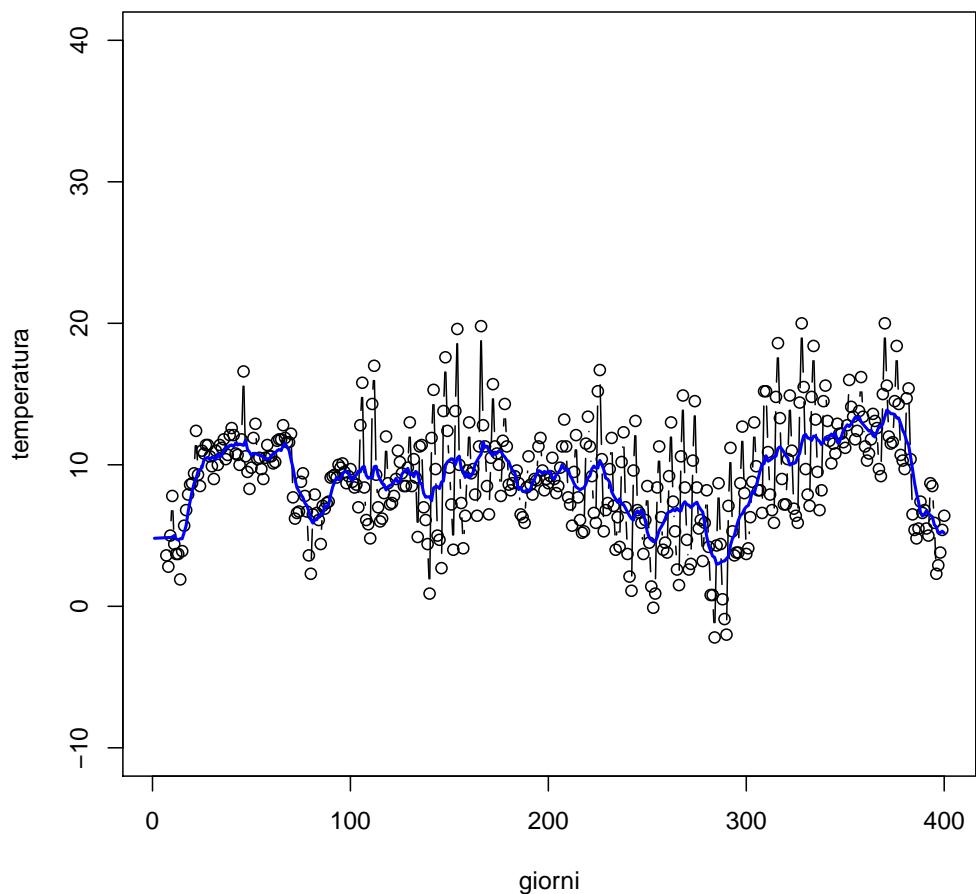


Figura 114: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 1

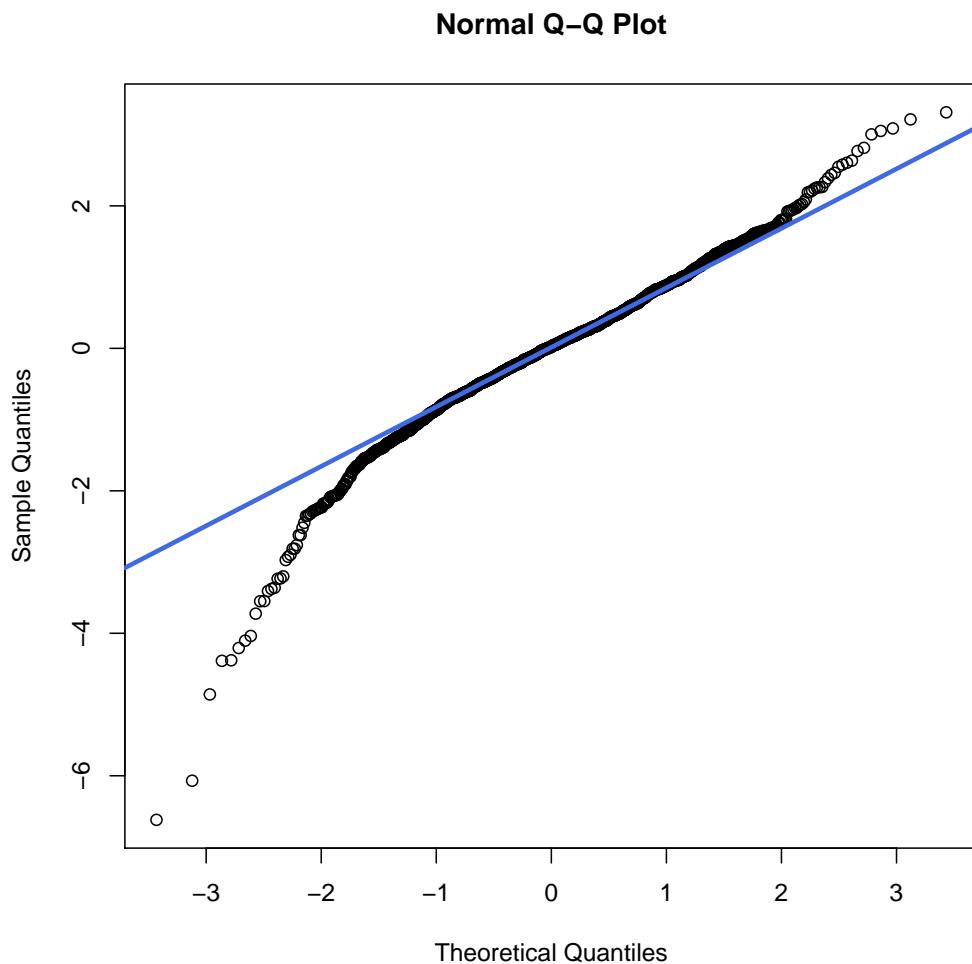


Figura 115: Q-Qplot - Tesi 6, Vigna 1

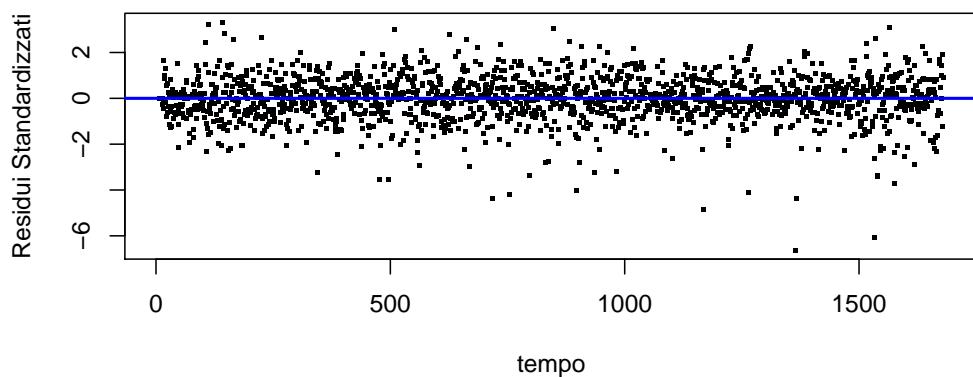
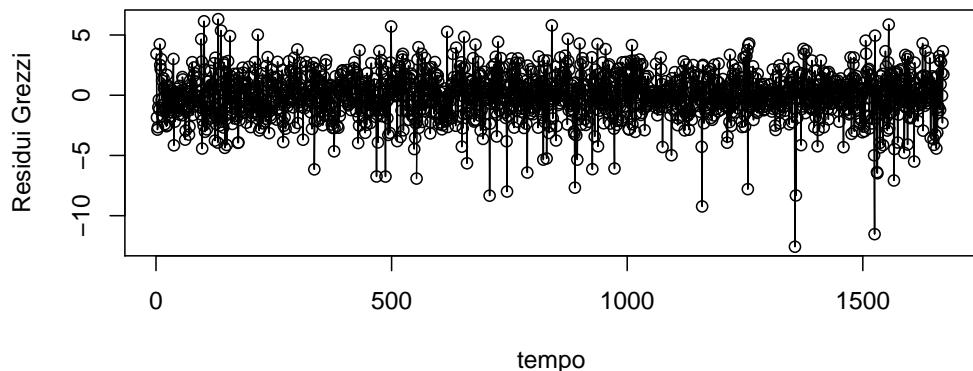


Figura 116: Analisi dei Residui - Tesi 6, Vigna 1

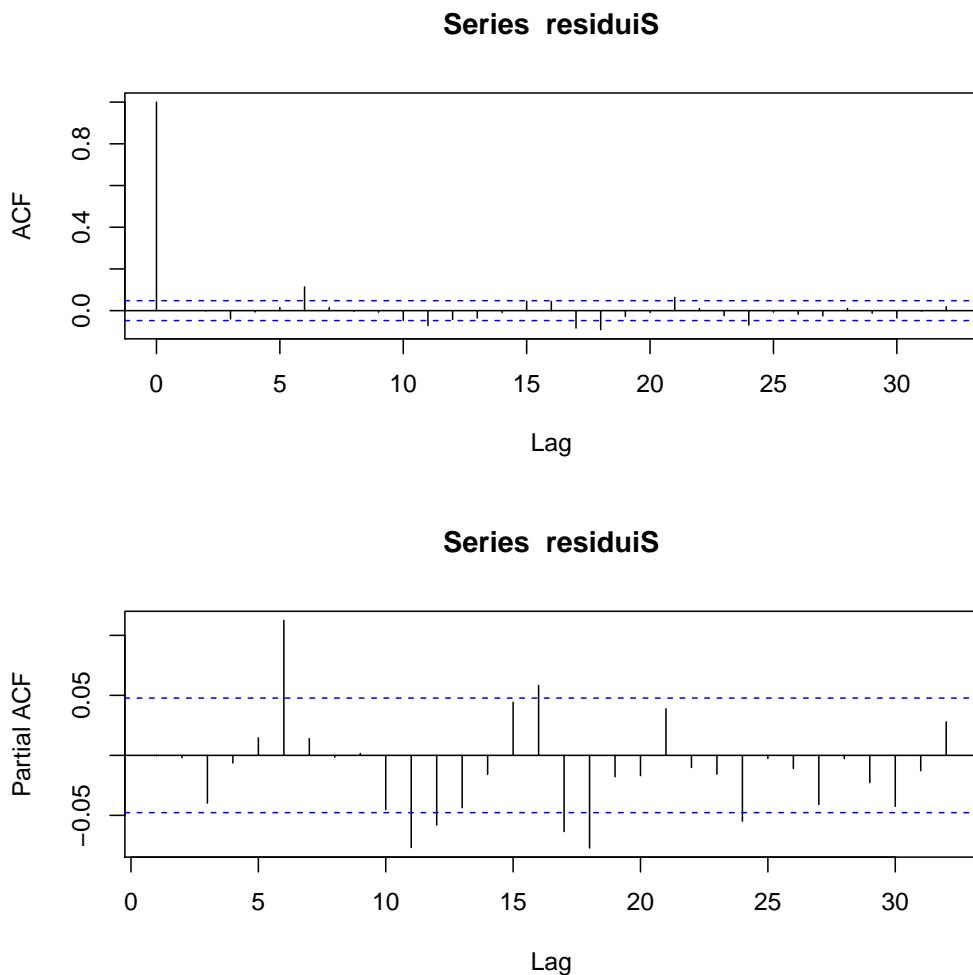


Figura 117: Grafici ACF e PACF - Tesi 6, Vigna 1

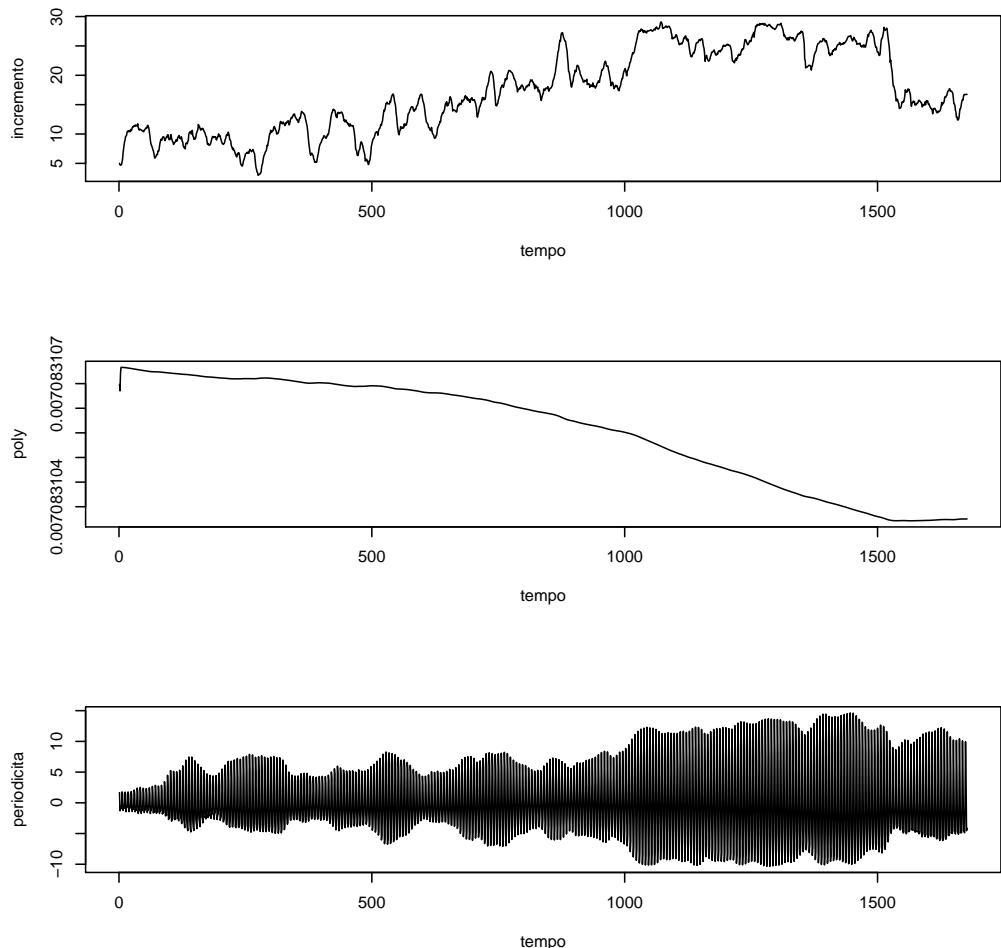


Figura 118: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 6, Vigna 1

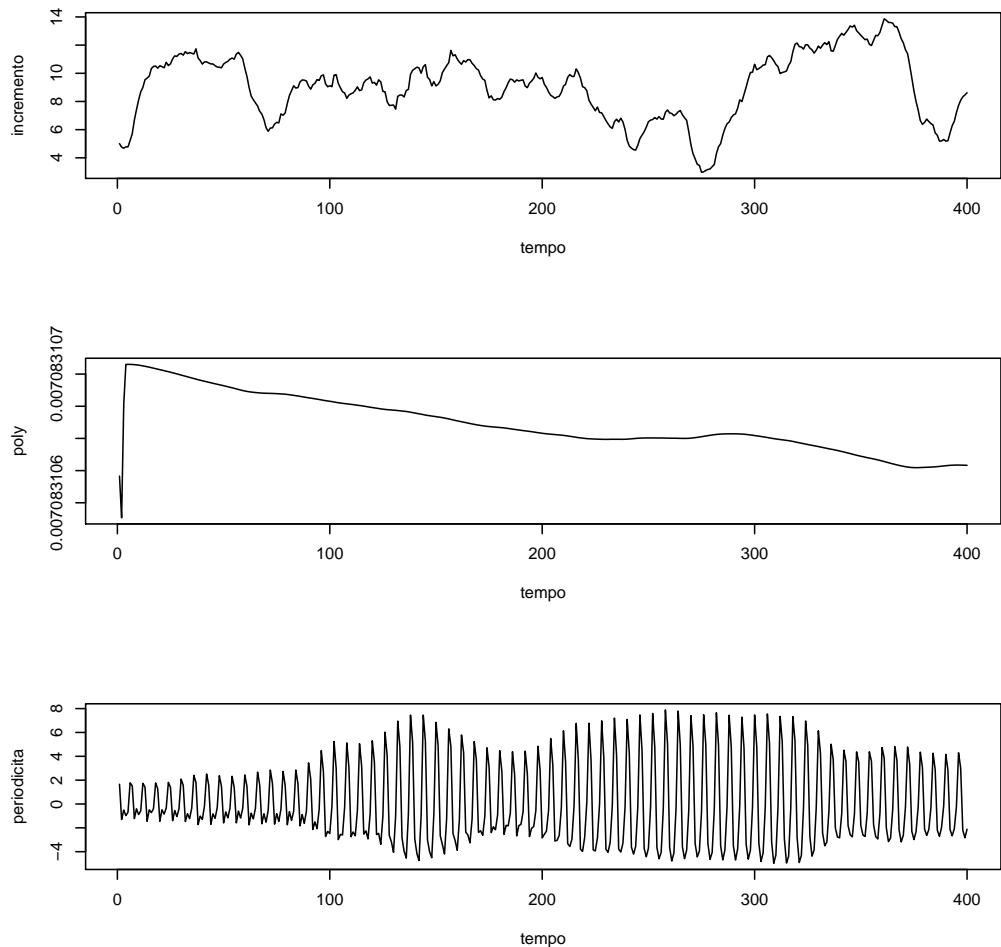


Figura 119: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 1

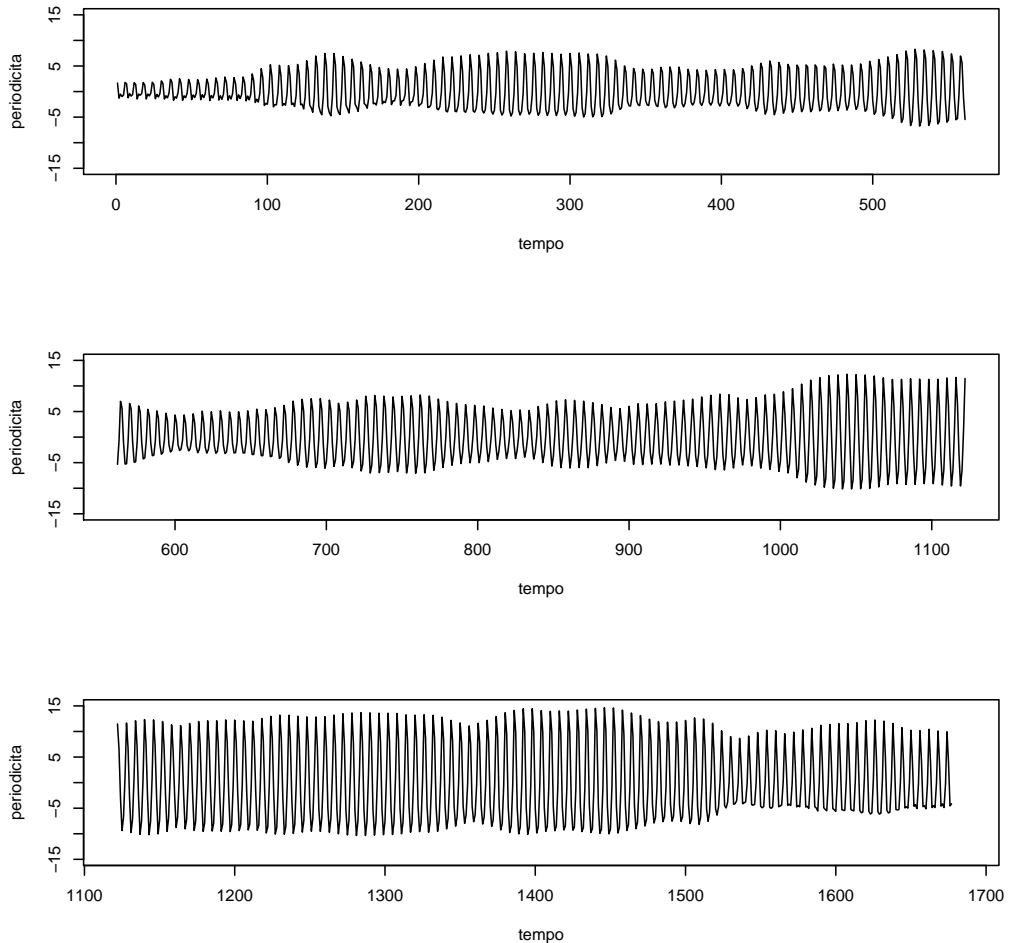


Figura 120: Componente Periodica - Tesi 6, Vigna 1

3.2.7 Slave Vigna 1 - Tesi 7

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

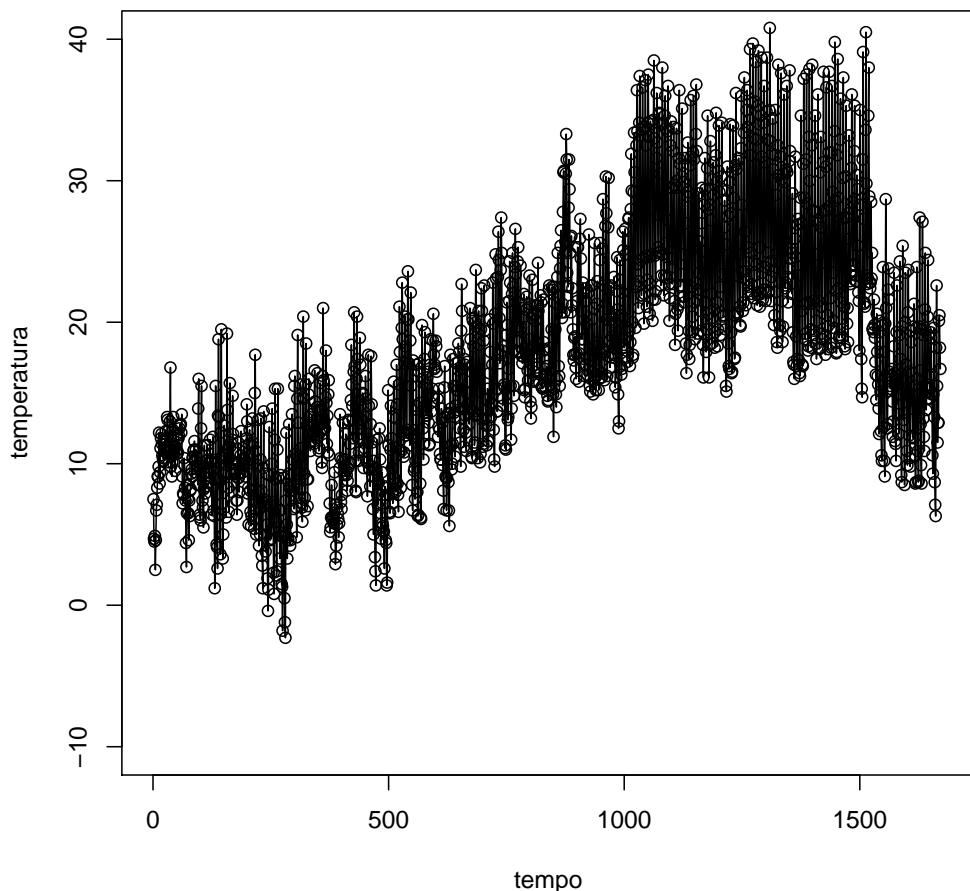


Figura 121: Dati Osservati - Tesi 7, Vigna 1

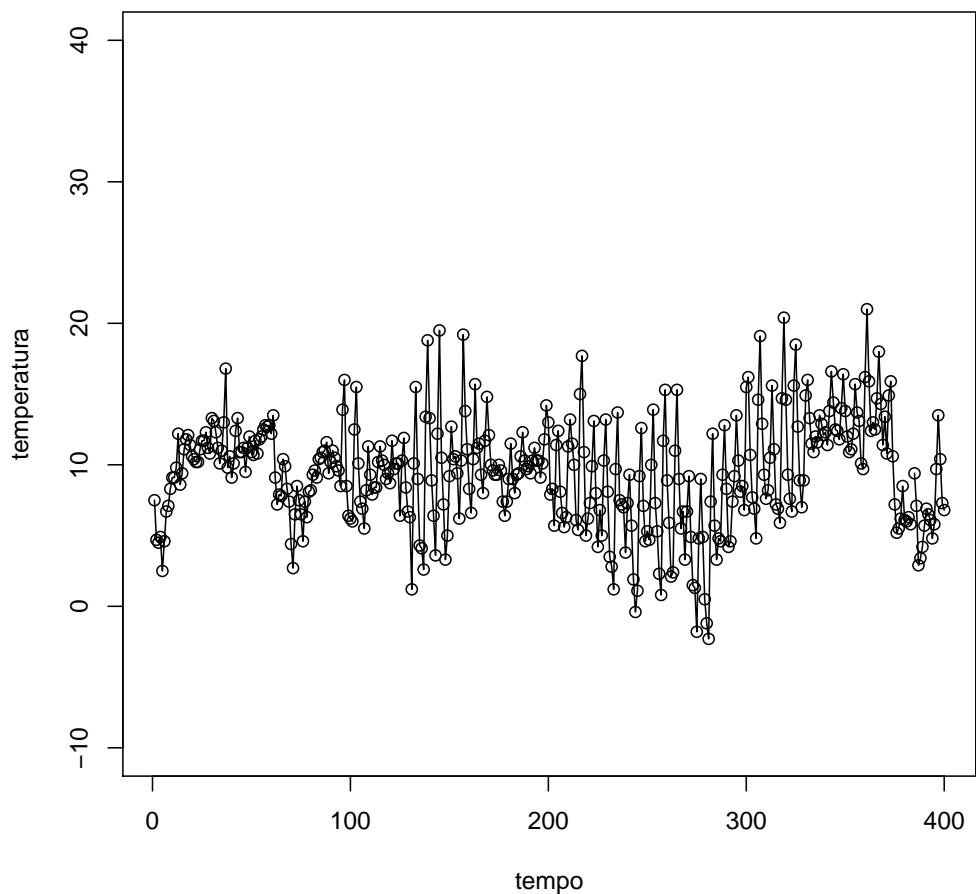


Figura 122: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 1

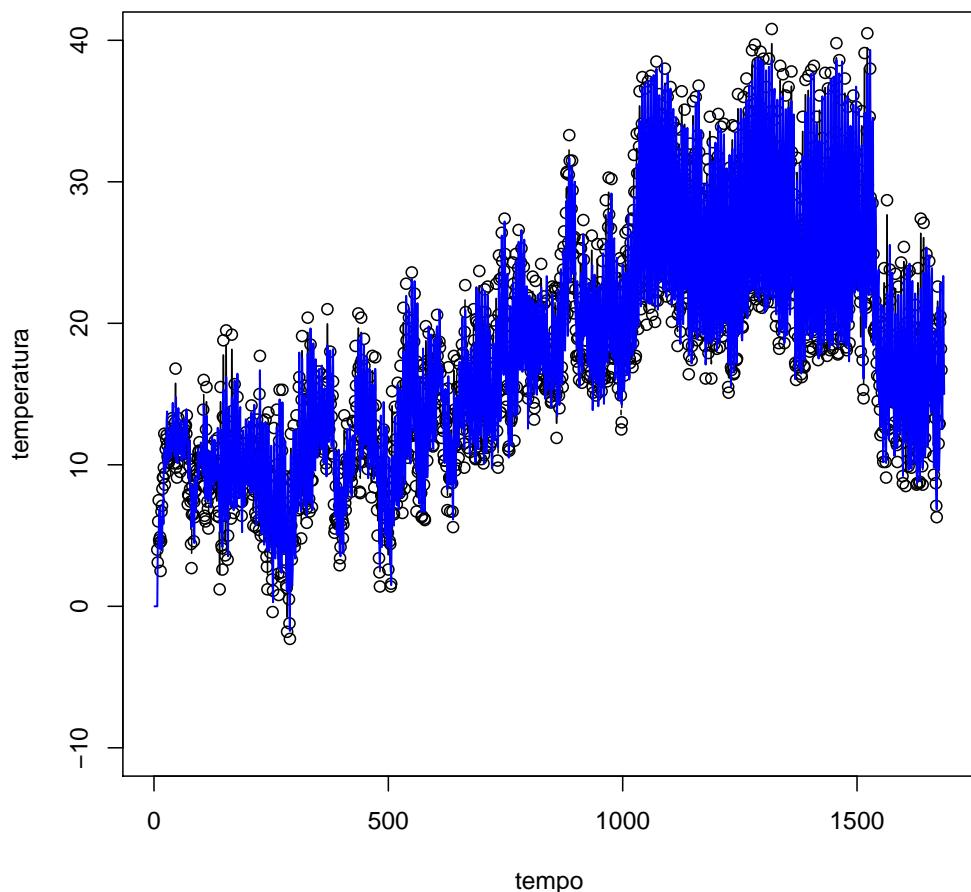


Figura 123: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 7, Vigna 1

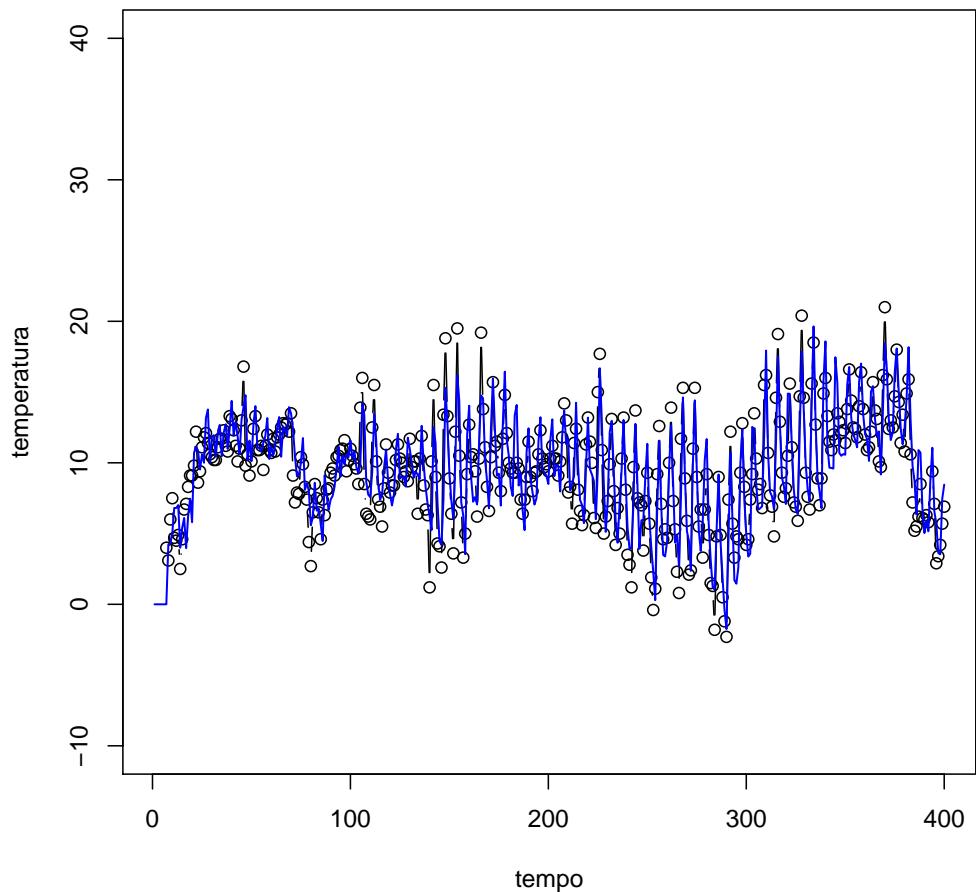


Figura 124: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 1

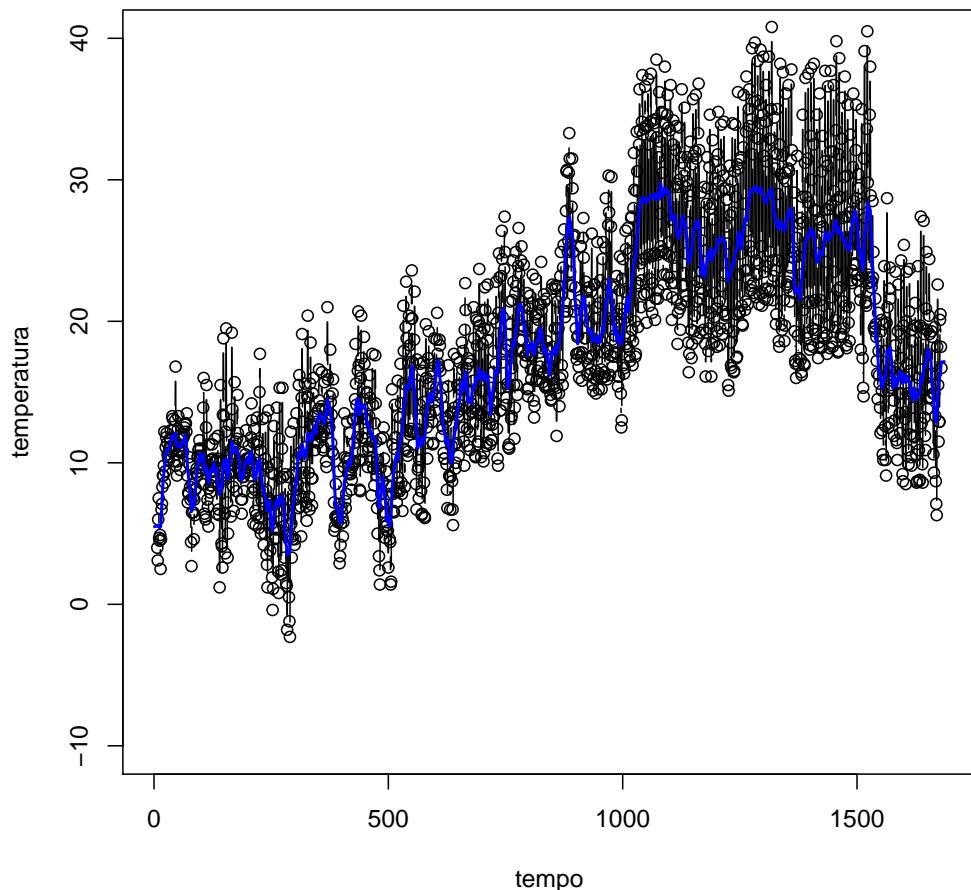


Figura 125: Smoother di Kalman - Tesi 7, Vigna 1

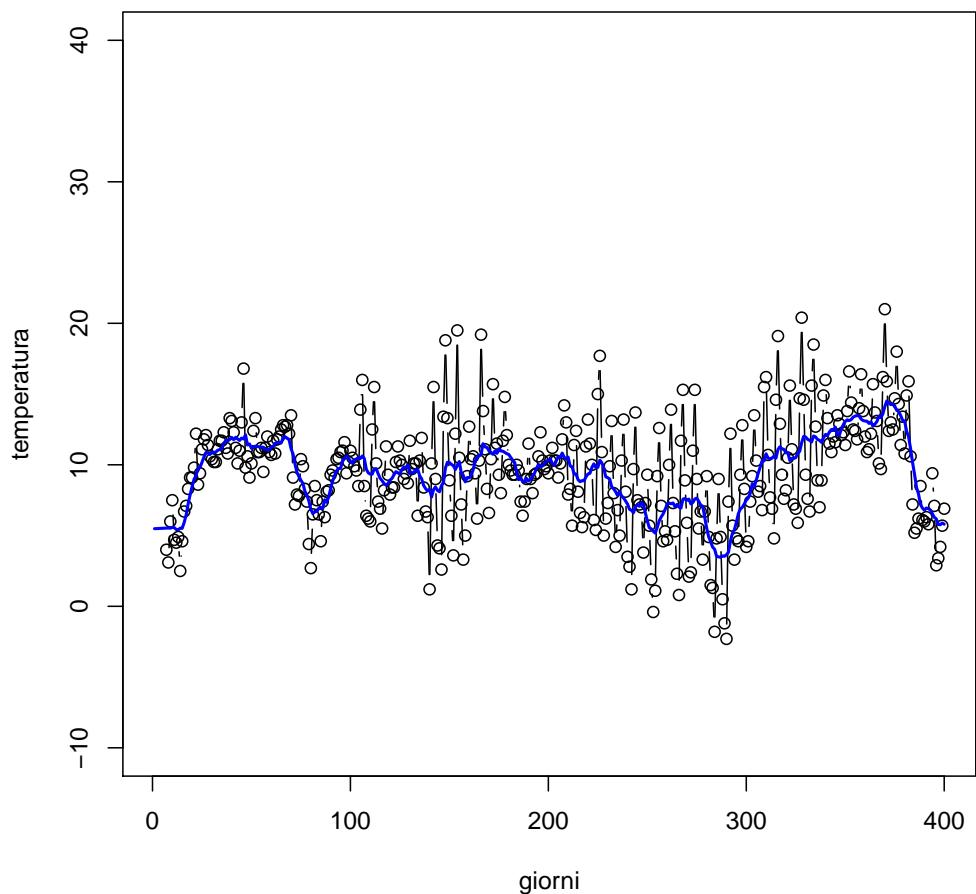


Figura 126: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 1

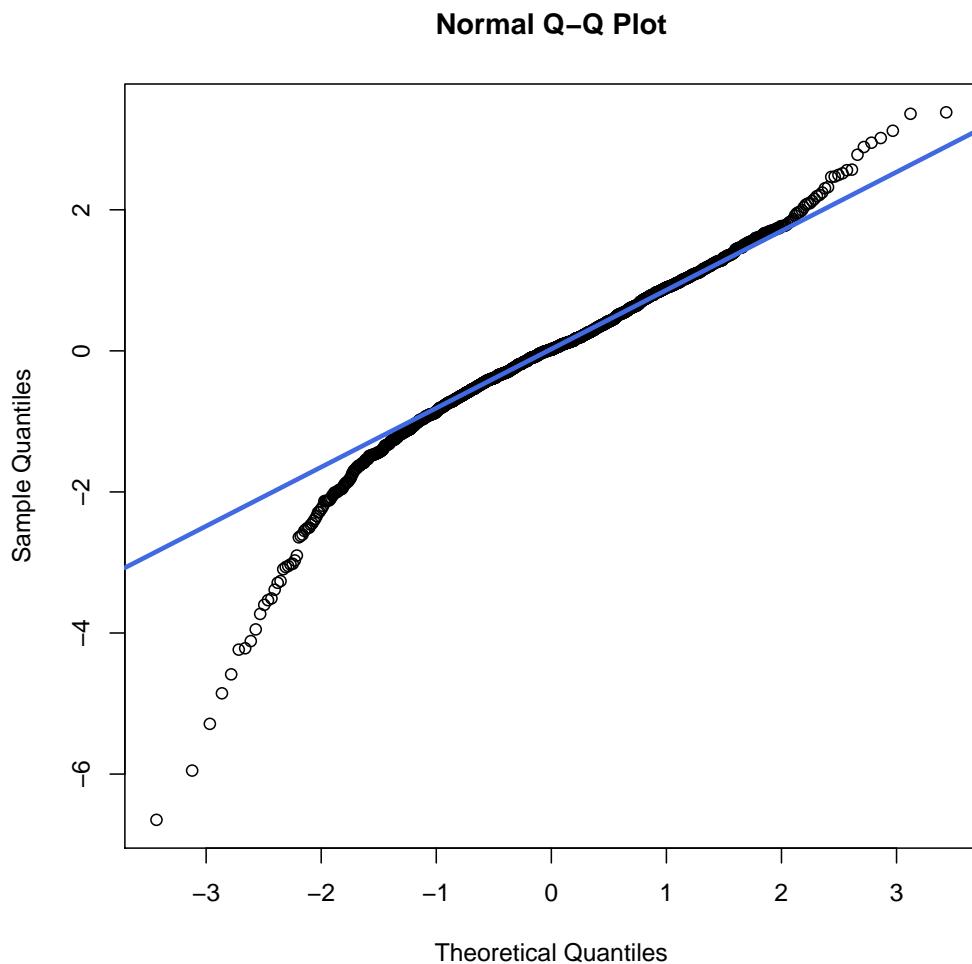


Figura 127: Q-Qplot - Tesi 7, Vigna 1

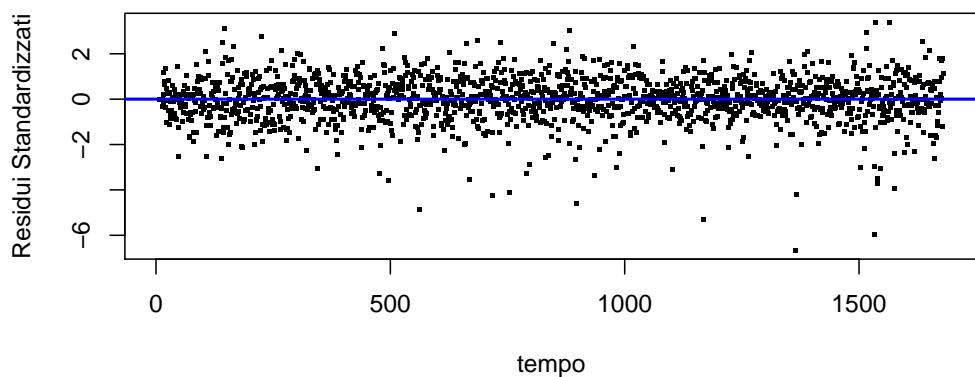
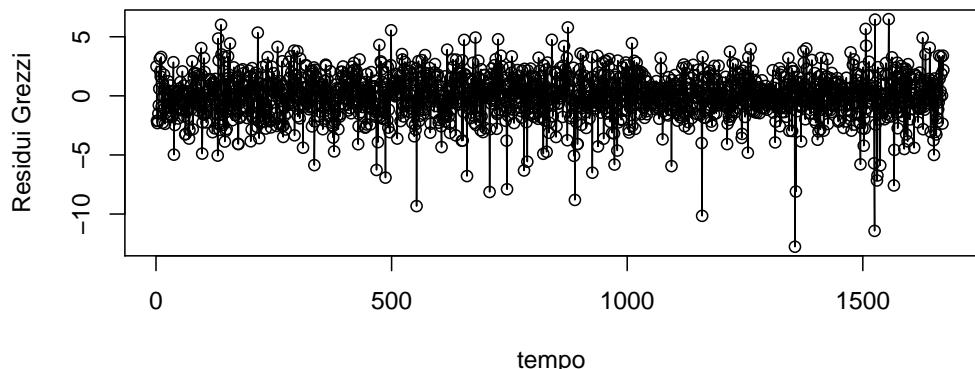


Figura 128: Analisi dei Residui - Tesi 7, Vigna 1

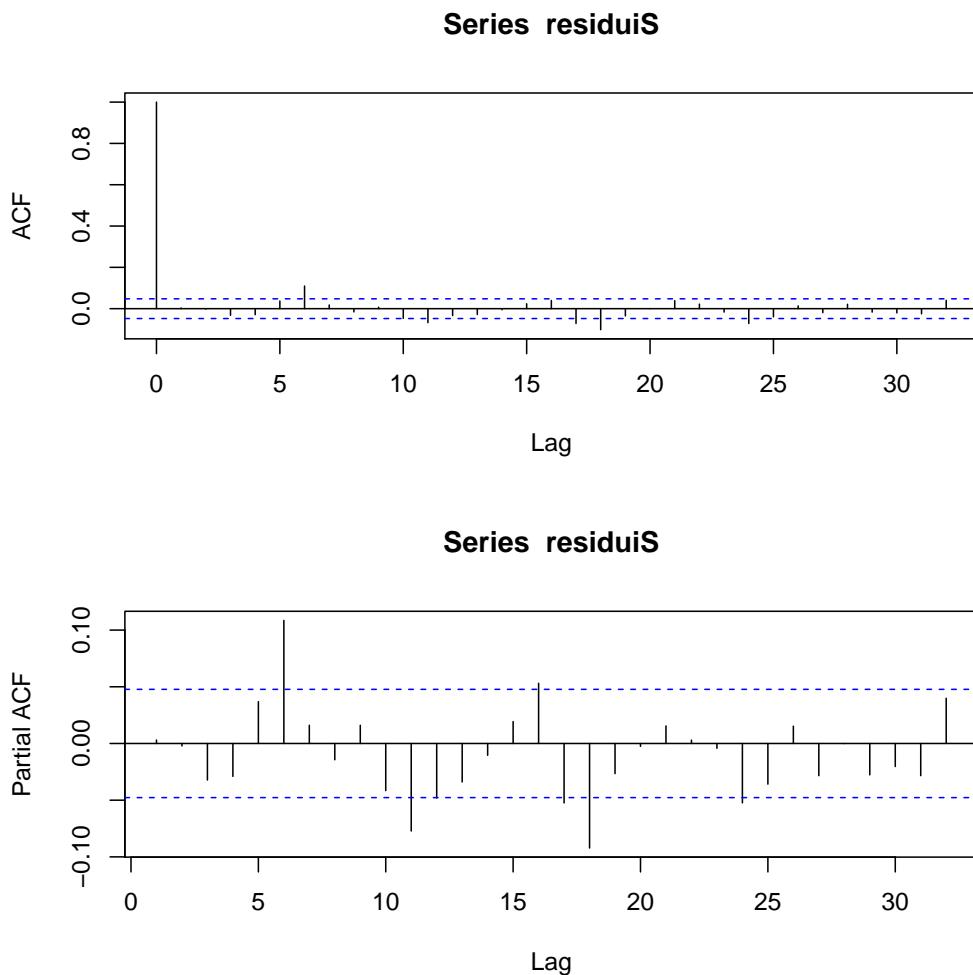


Figura 129: Grafici ACF e PACF - Tesi 7, Vigna 1

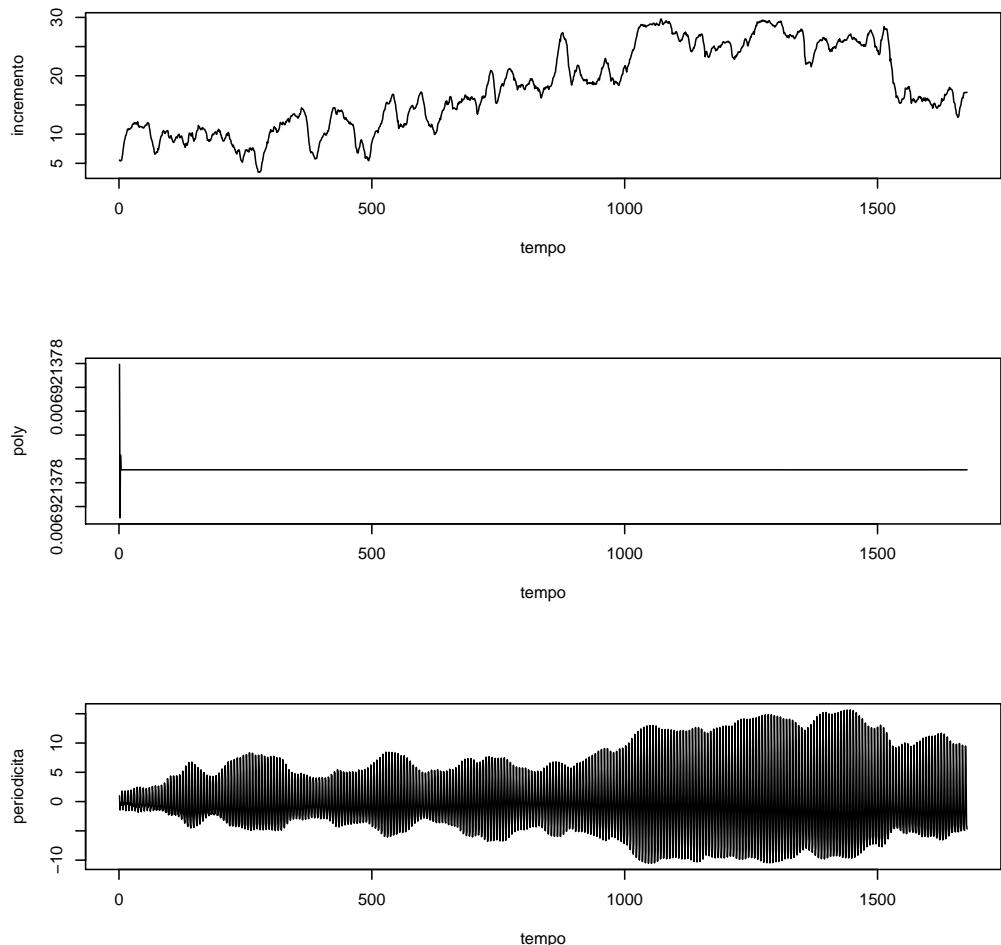


Figura 130: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 7, Vigna 1

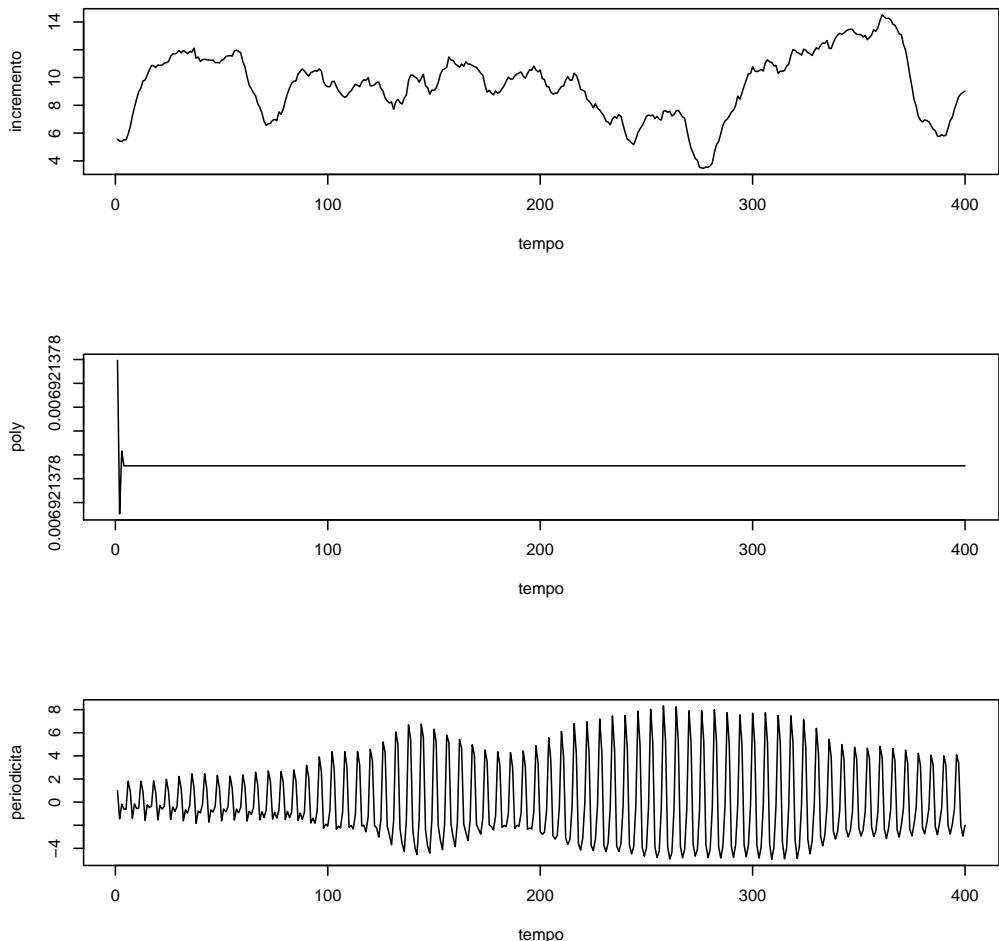


Figura 131: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 1

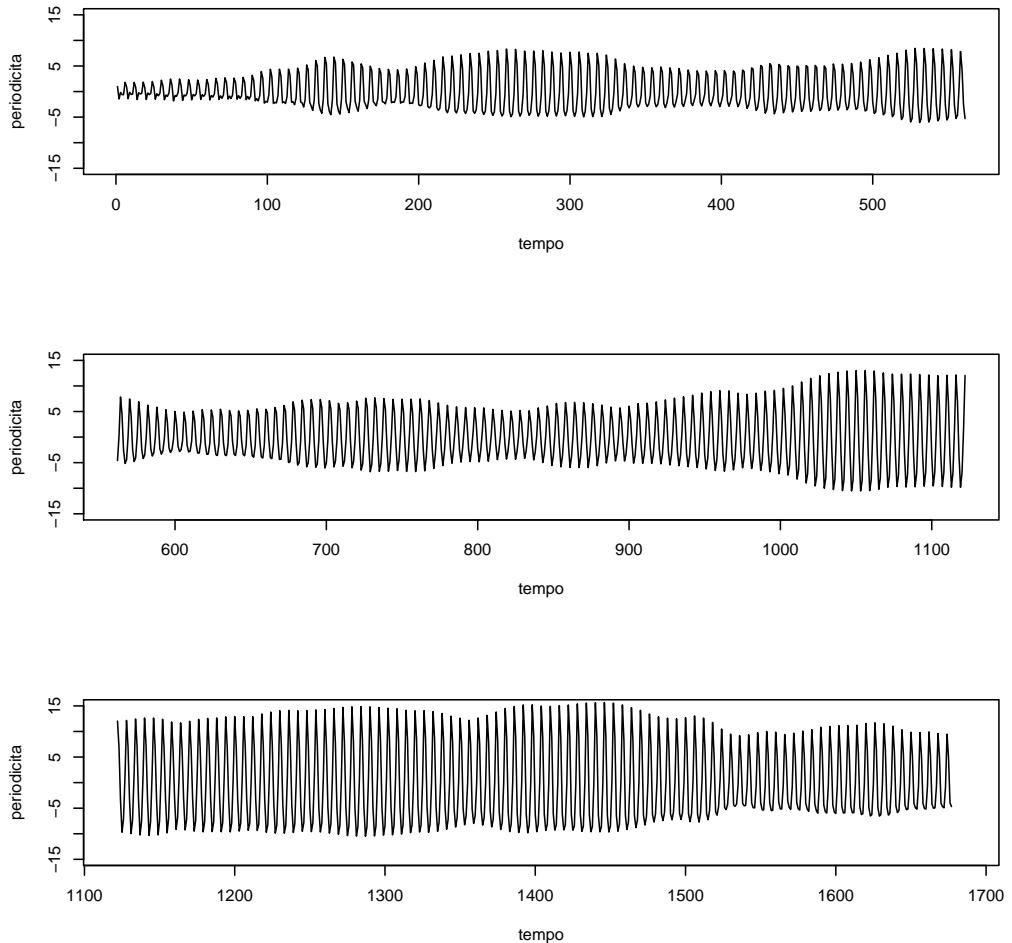


Figura 132: Componente Periodica - Tesi 7, Vigna 1

3.2.8 Slave Vigna 1 - Tesi 8

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

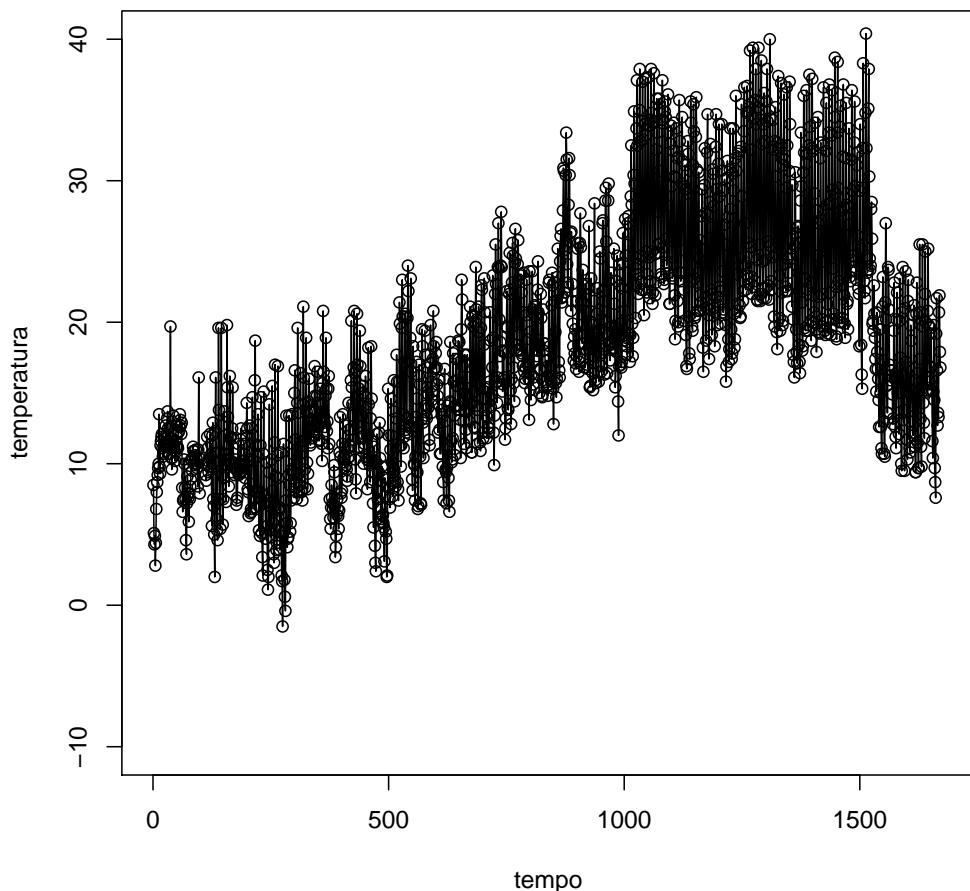


Figura 133: Dati Osservati - Tesi 8, Vigna 1

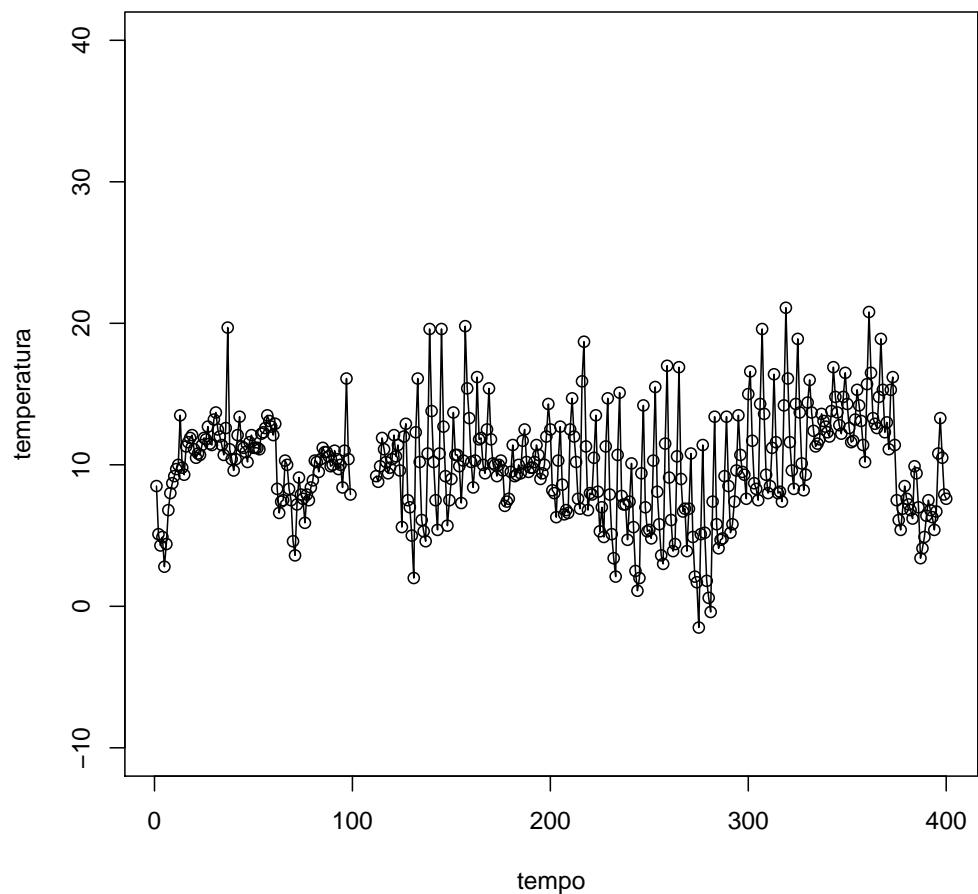


Figura 134: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 8, Vigna 1

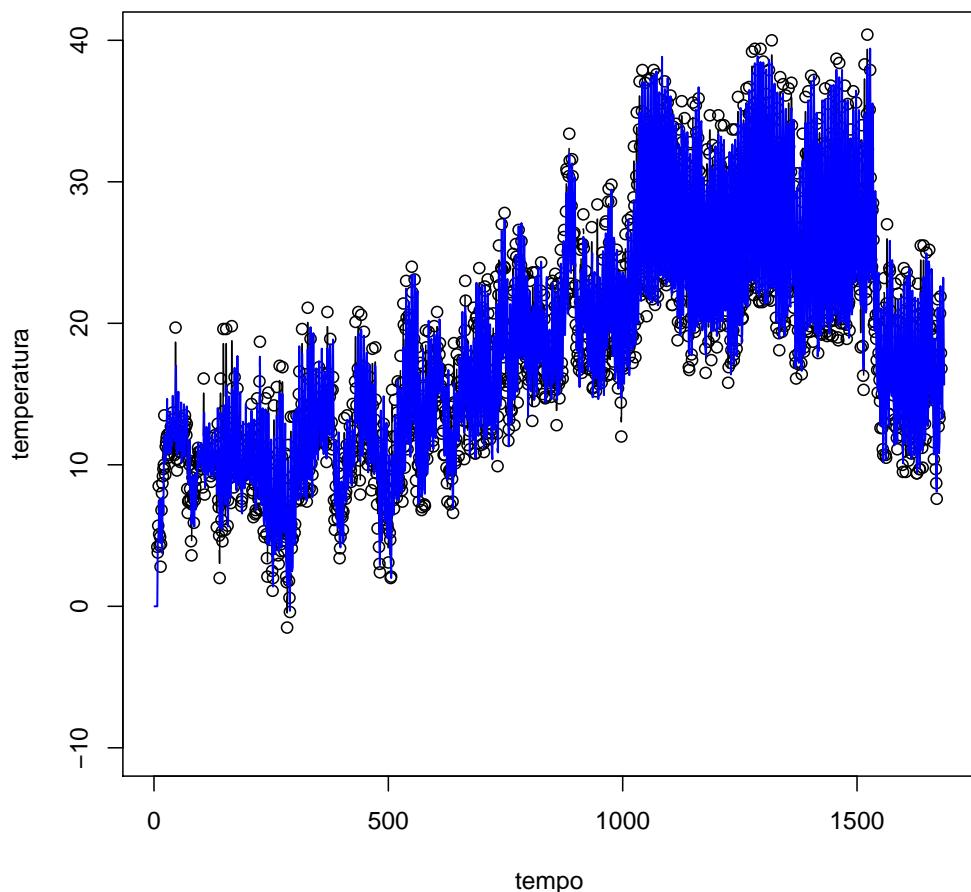


Figura 135: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 8, Vigna 1

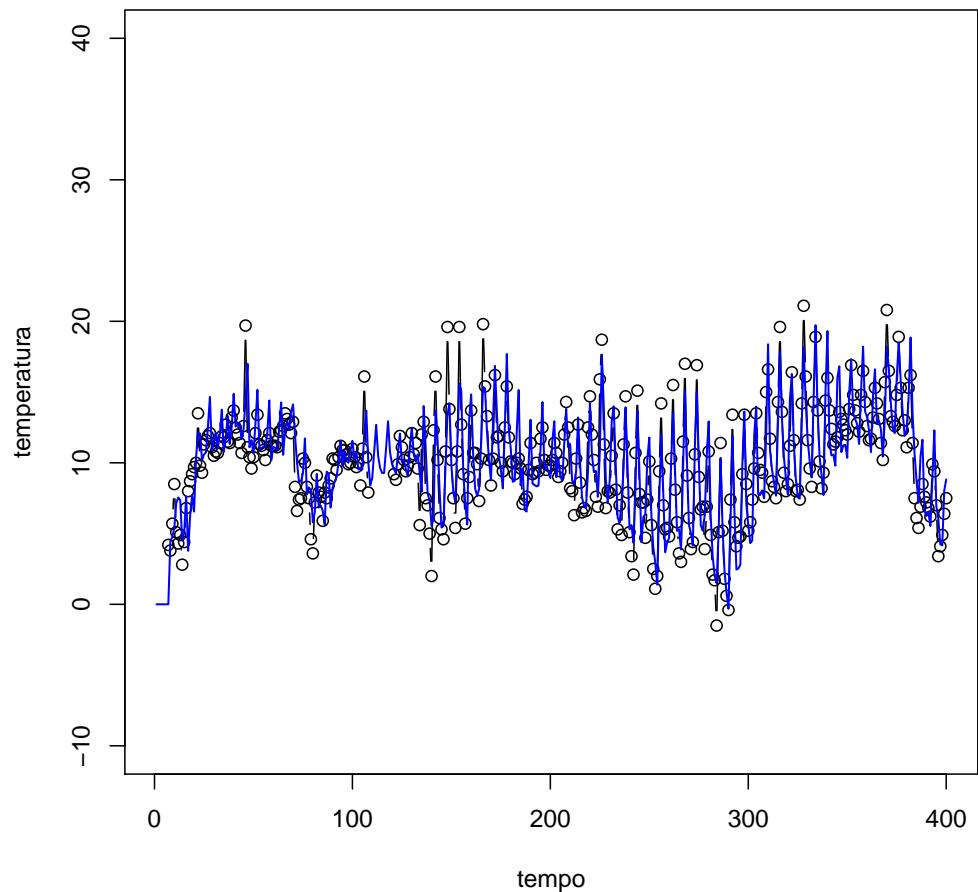


Figura 136: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 8, Vigna 1

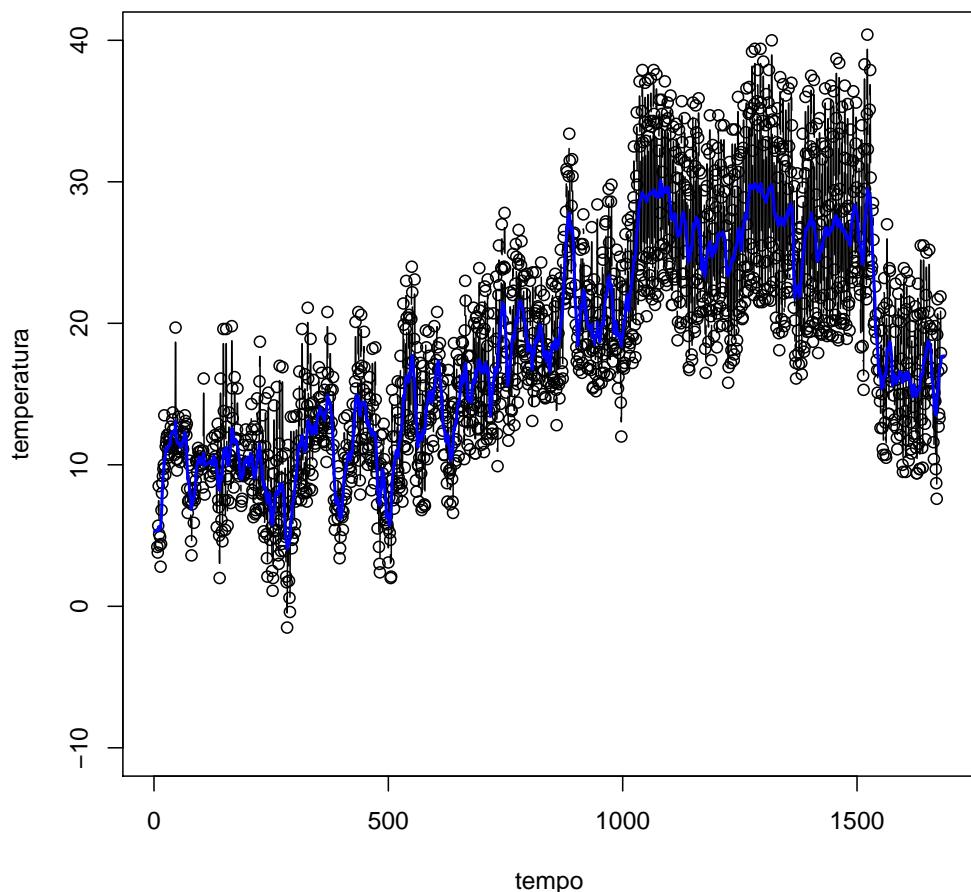


Figura 137: Smoother di Kalman - Tesi 8, Vigna 1

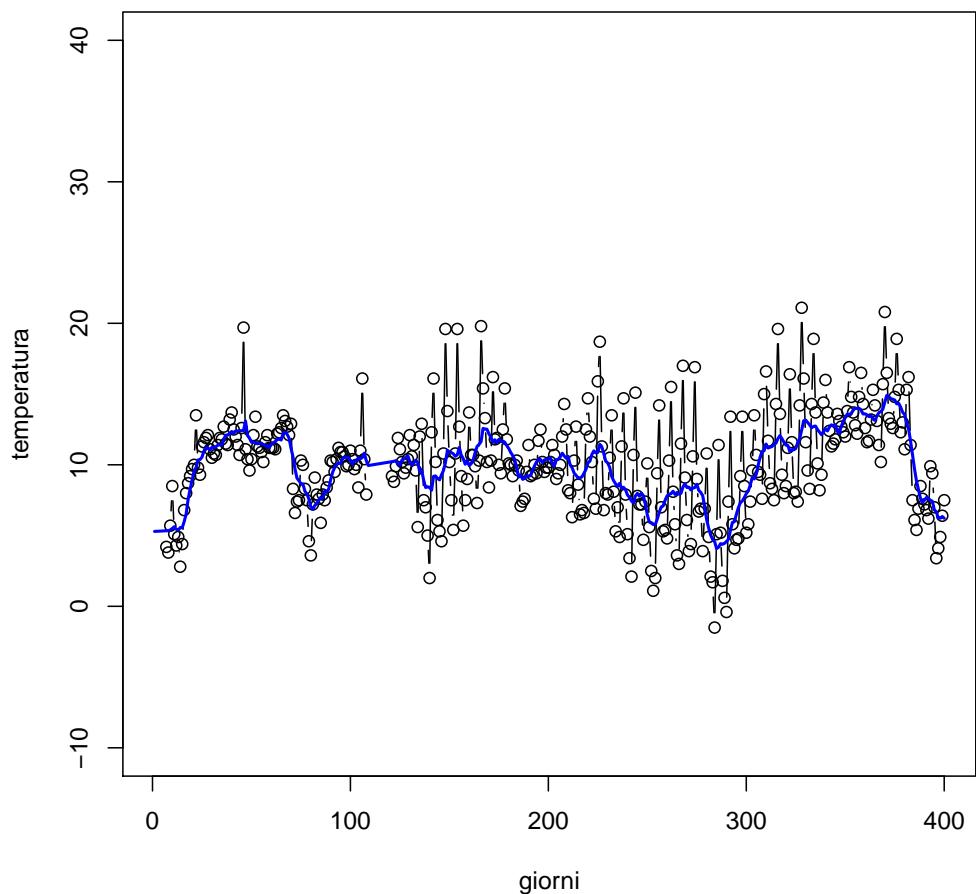


Figura 138: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 8, Vigna 1

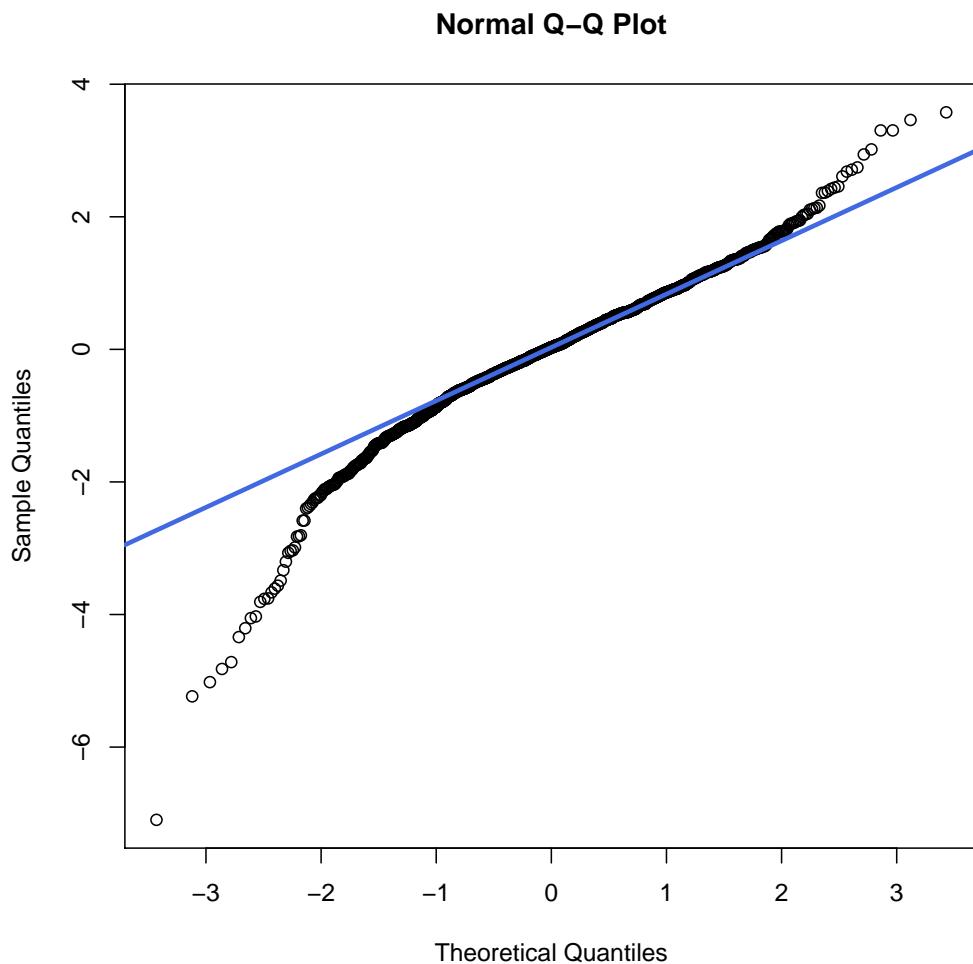


Figura 139: Q-Qplot - Tesi 8, Vigna 1

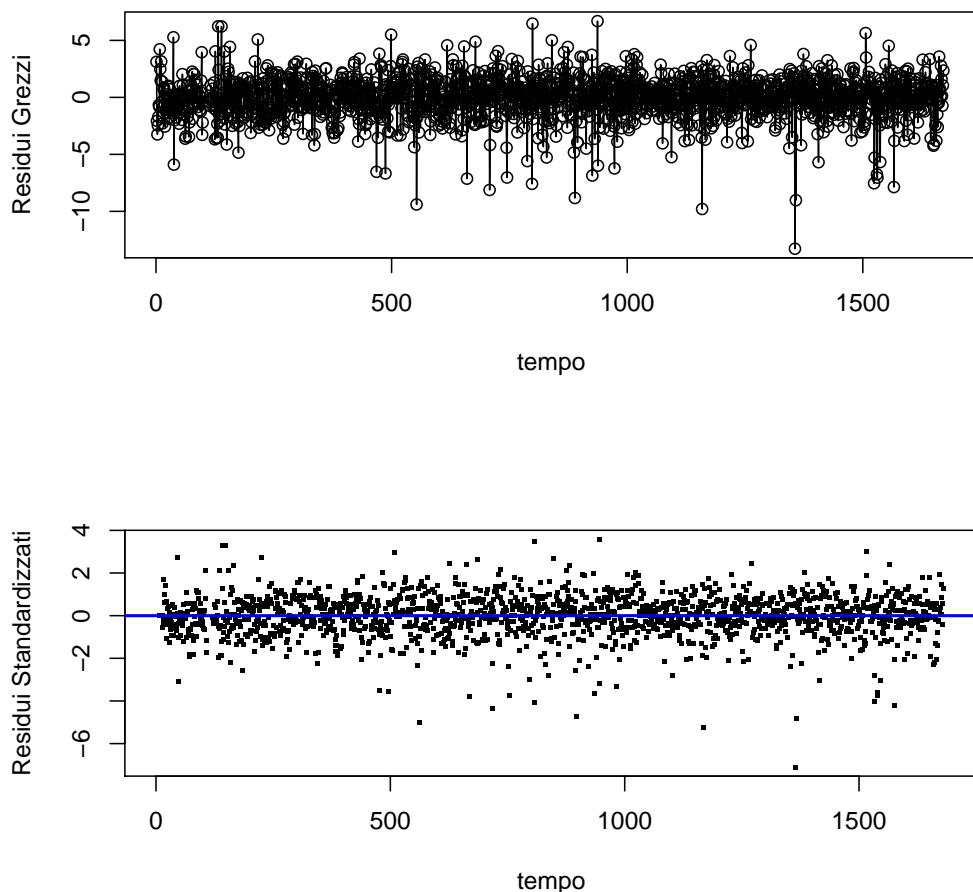


Figura 140: Analisi dei Residui - Tesi 8, Vigna 1

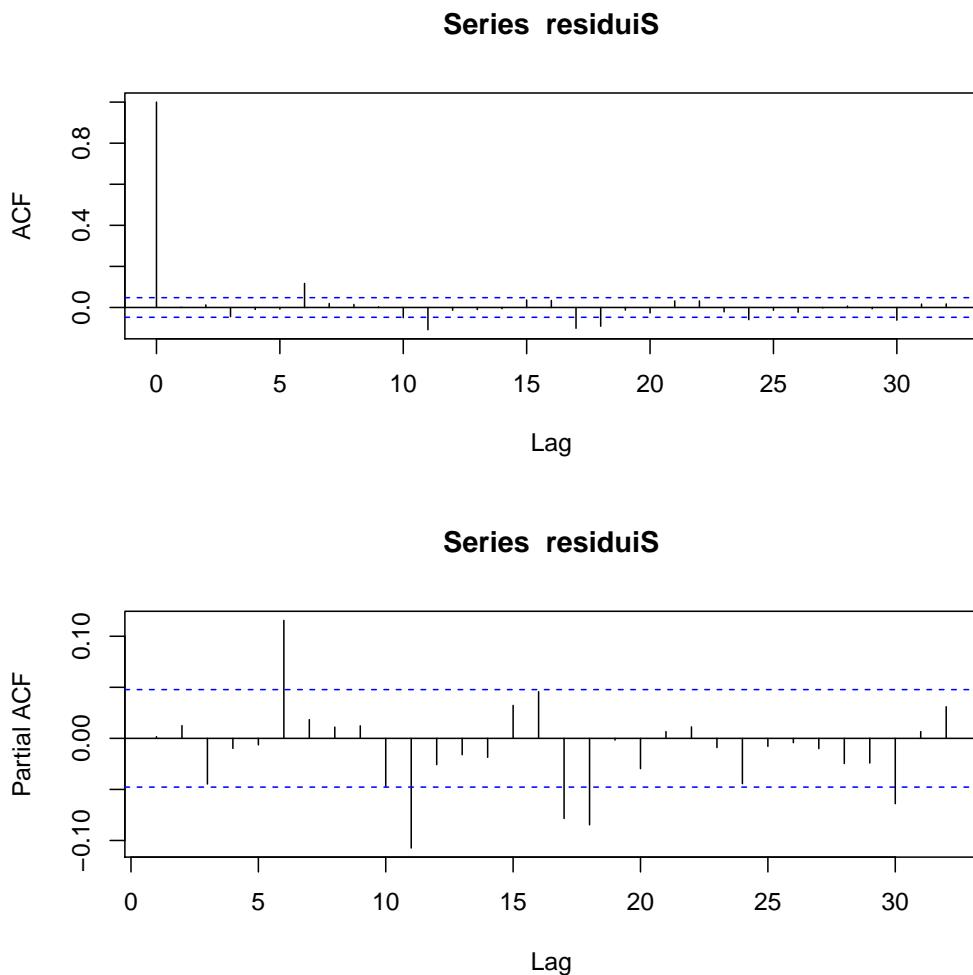


Figura 141: Grafici ACF e PACF - Tesi 8, Vigna 1

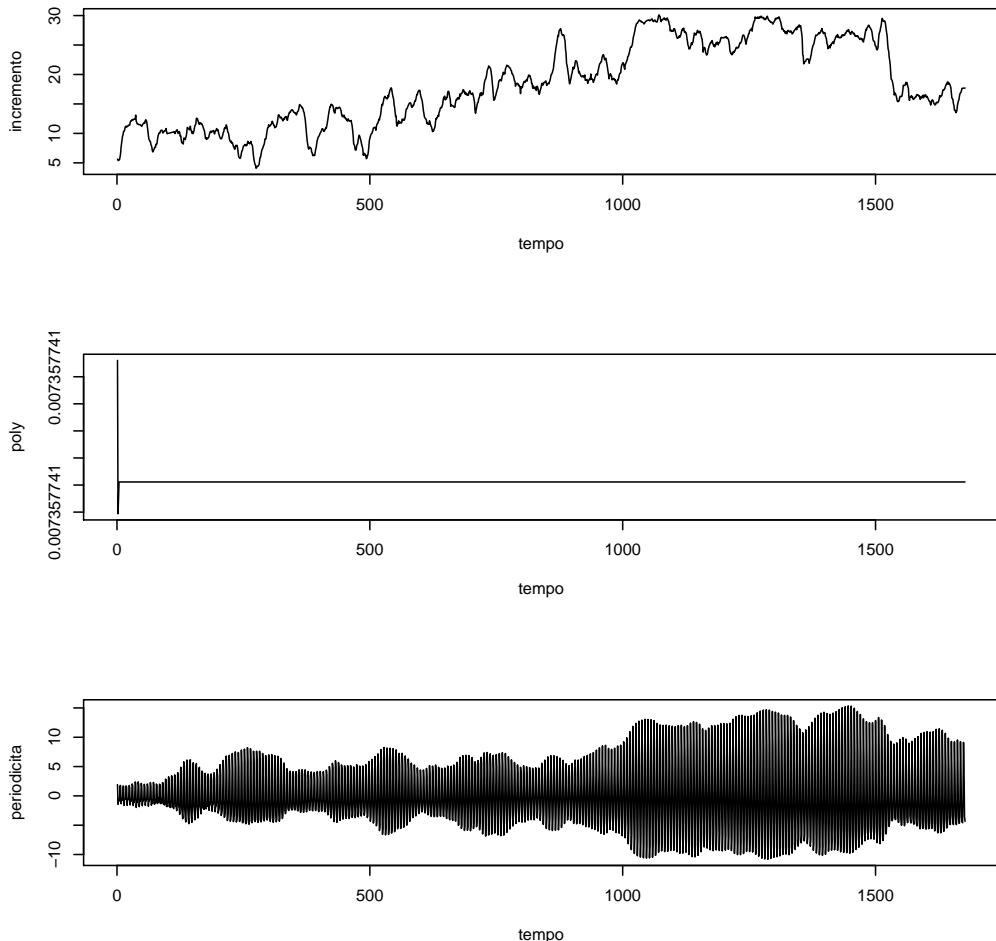


Figura 142: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 8, Vigna 1

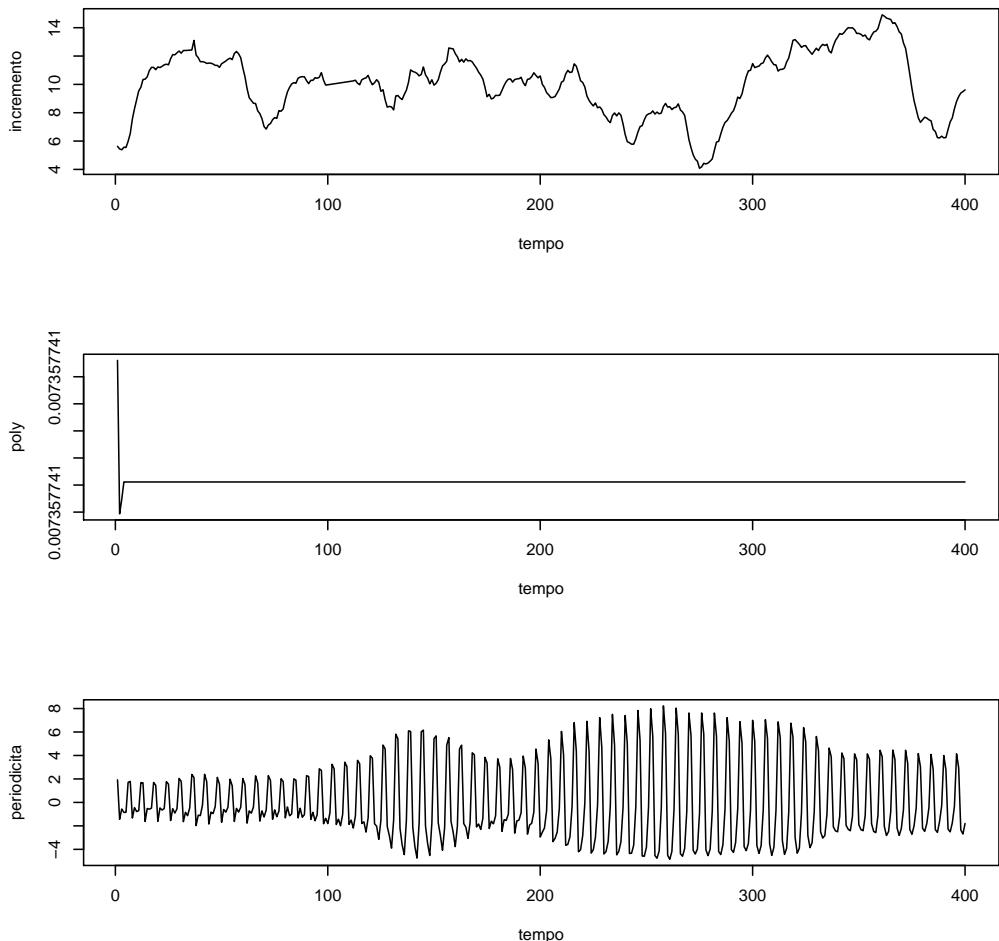


Figura 143: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 8, Vigna 1

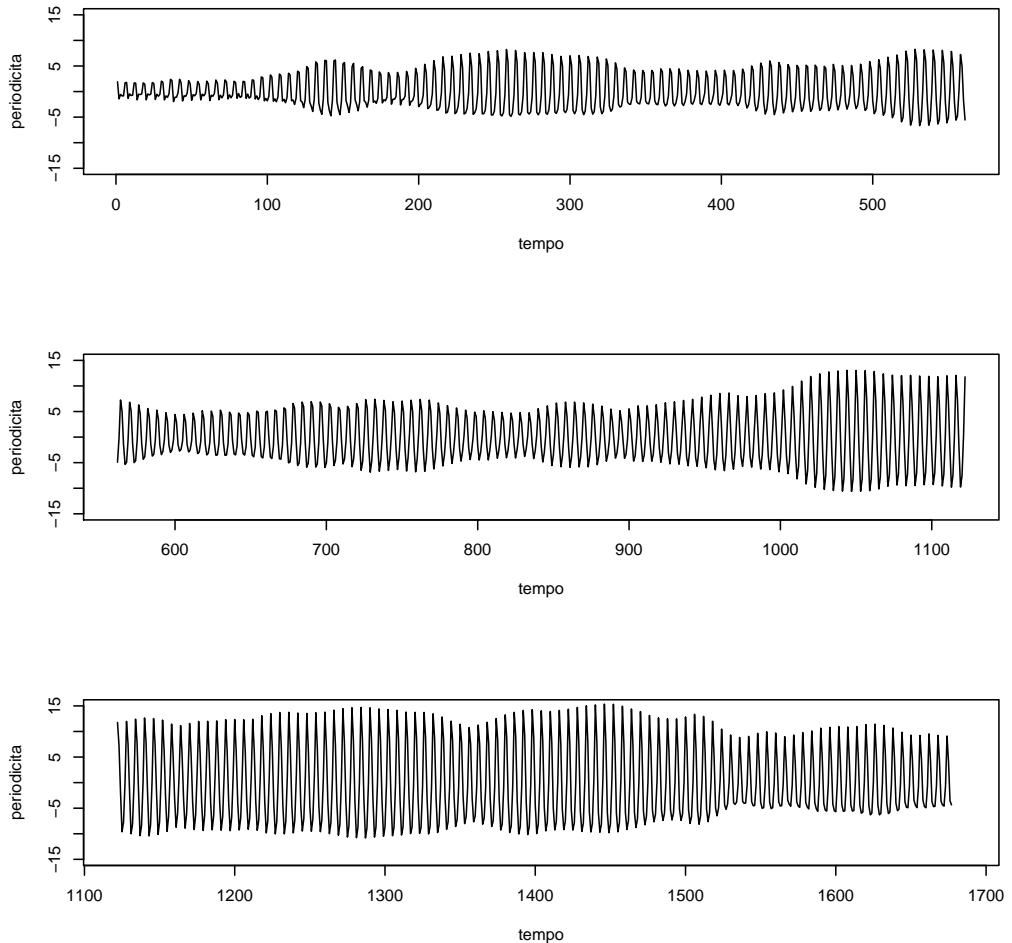


Figura 144: Componente Periodica - Tesi 8, Vigna 1

3.2.9 Scatter Plots Residui Slaves Vigna 1

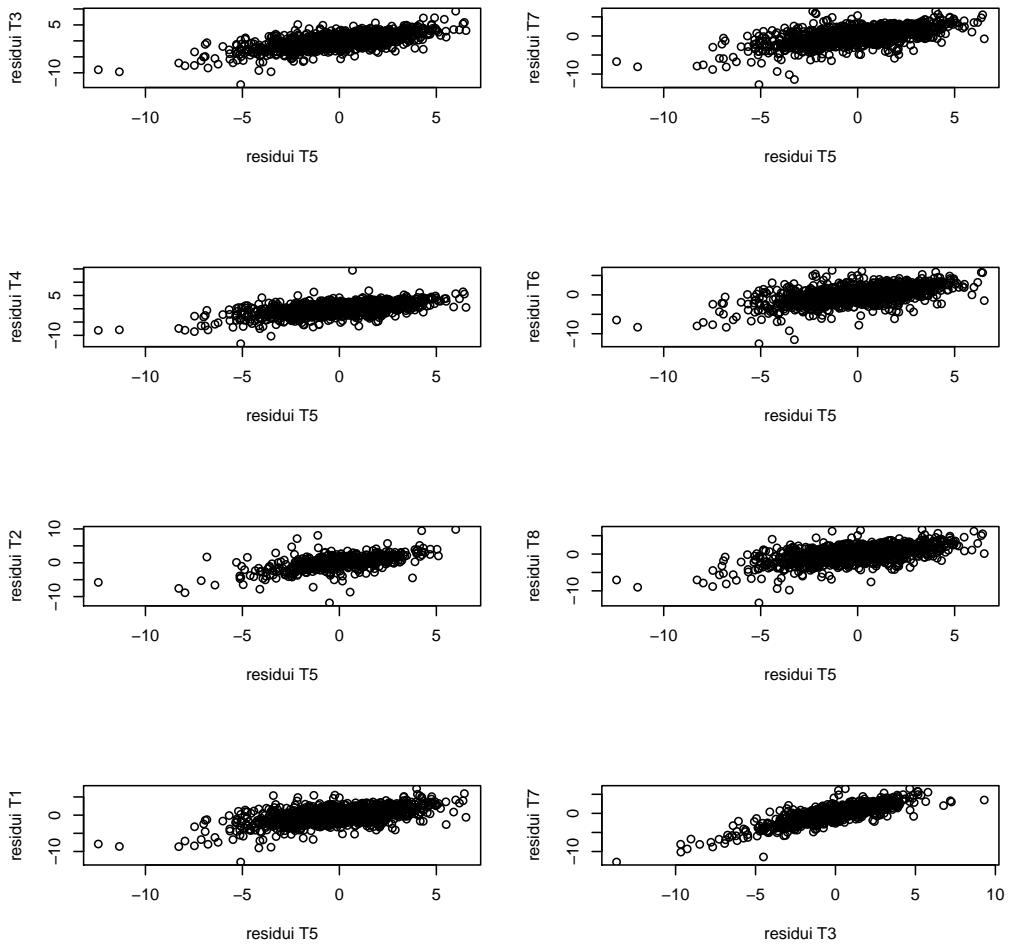


Figura 145: Scatter plots residui - Slaves Vigna 1

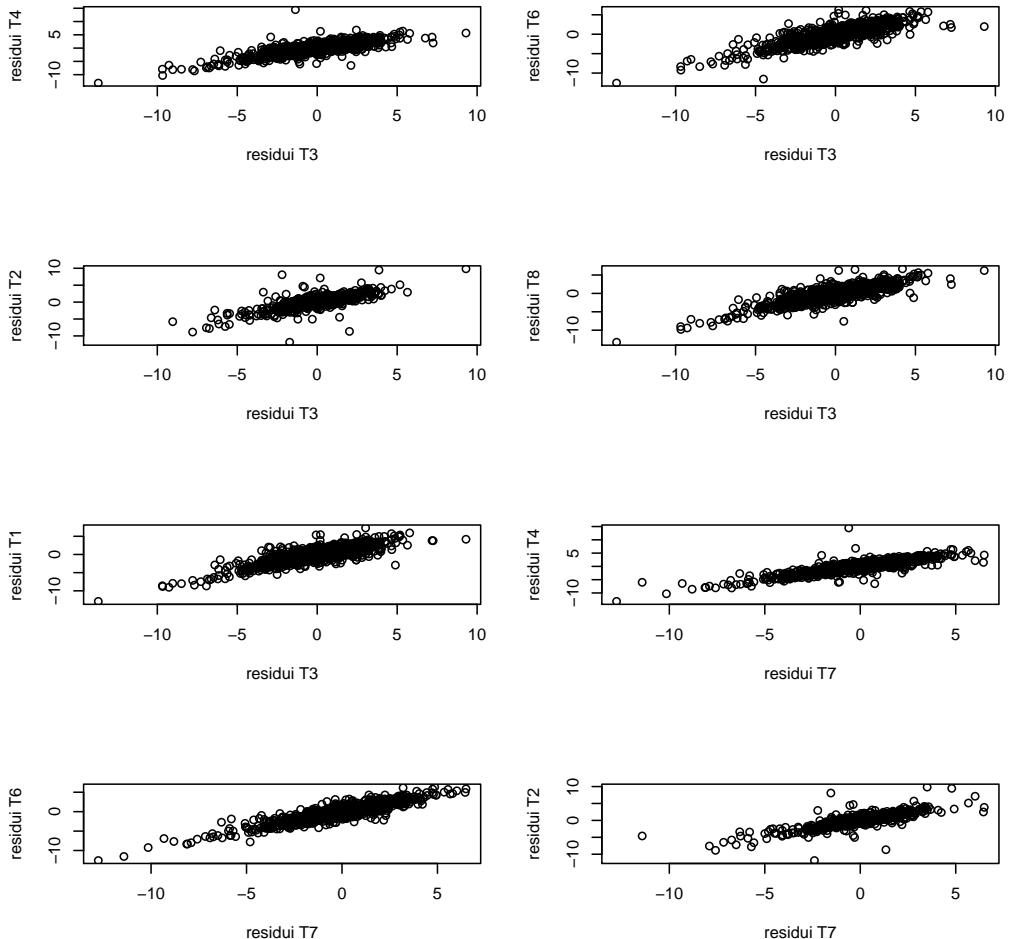


Figura 146: Scatter plots residui (2) - Slaves Vigna 1

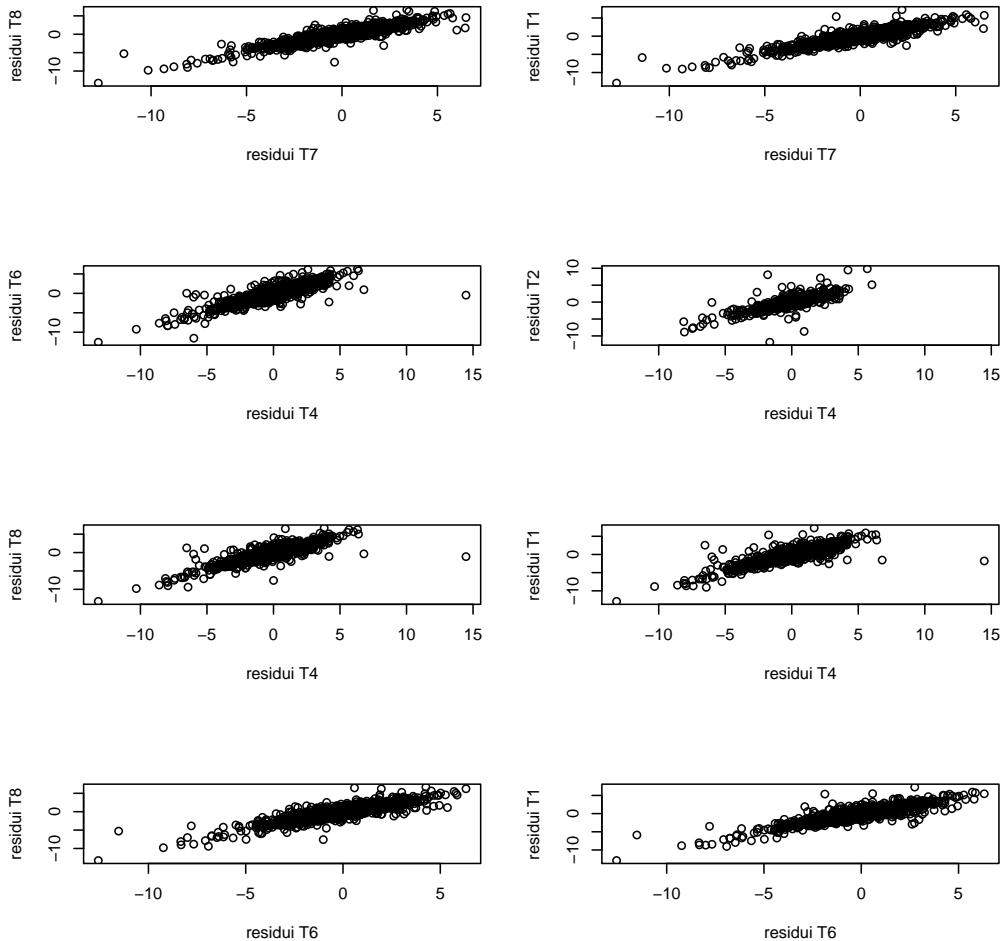


Figura 147: Scatter plots residui (3) - Slaves Vigna 1

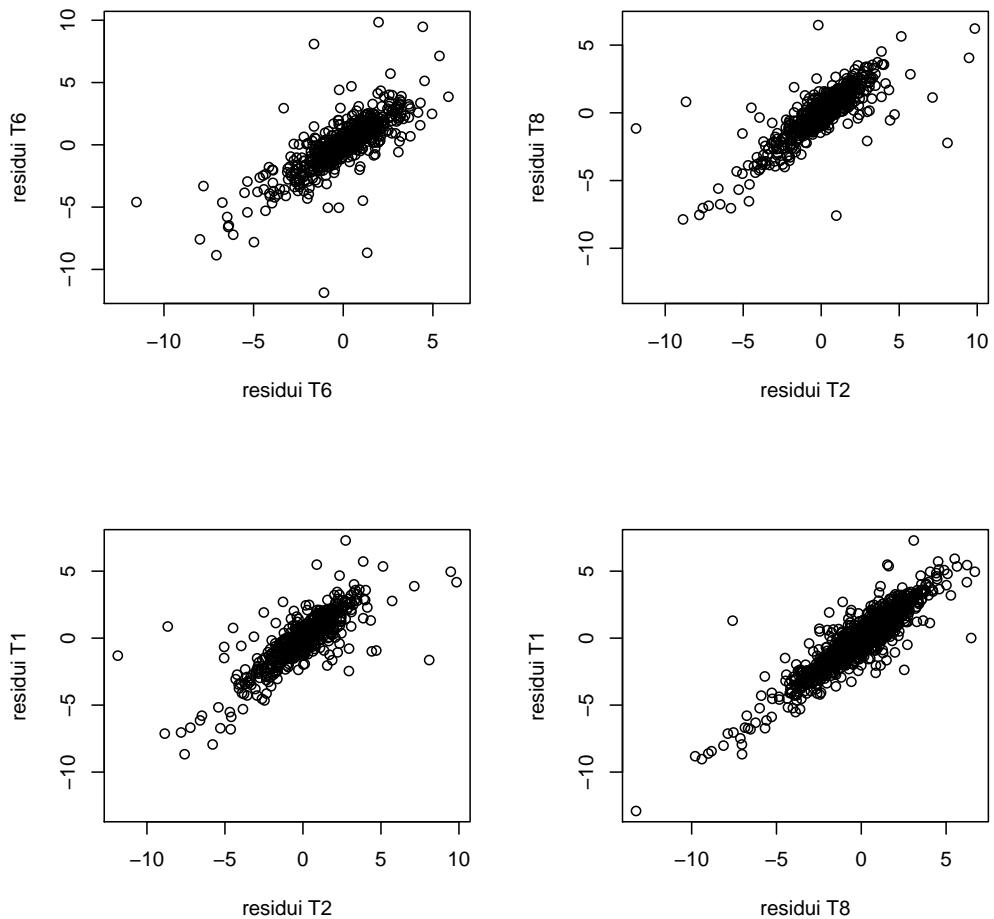


Figura 148: Scatter plots residui (4) - Slaves Vigna 1

3.3 SLAVES - Vigna 2

3.3.1 Slave Vigna 2 - Tesi 1

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

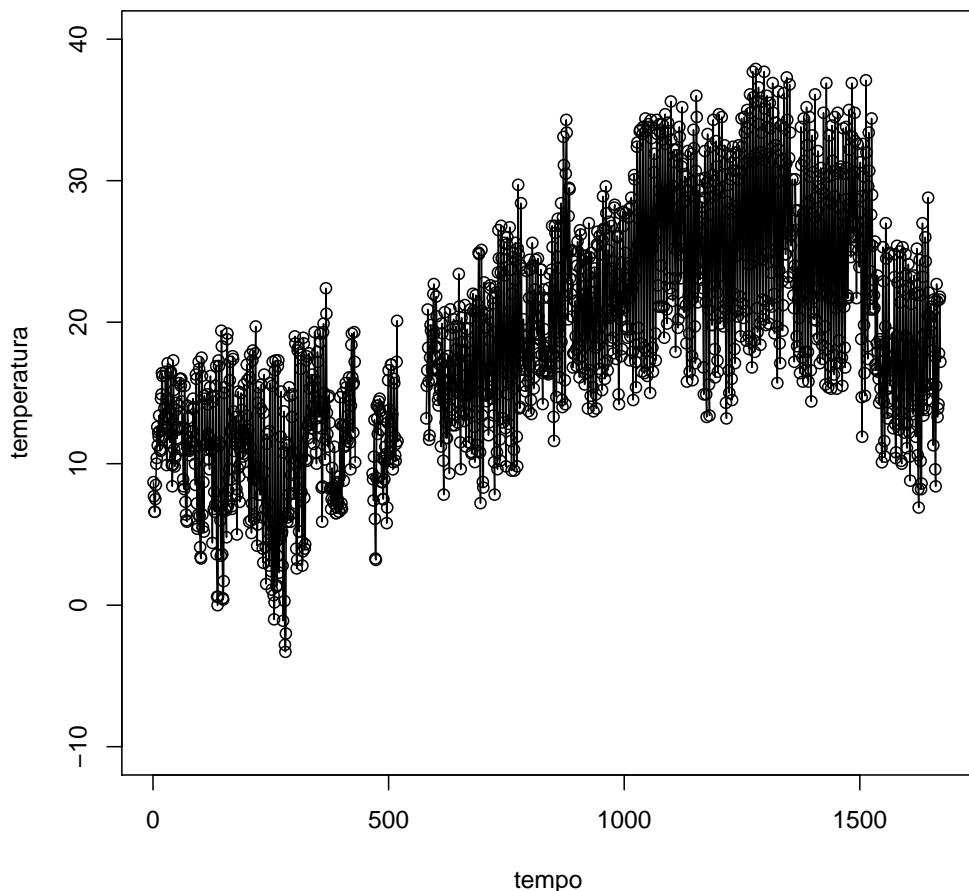


Figura 149: Dati Osservati - Tesi 1, Vigna 2

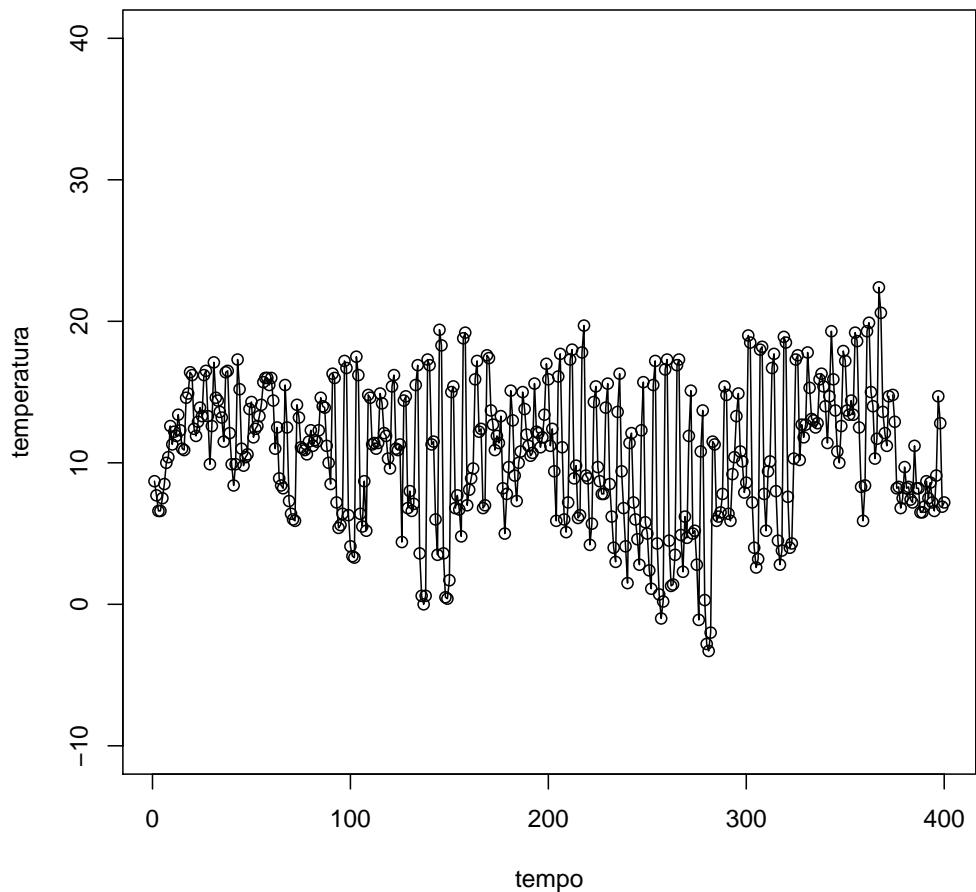


Figura 150: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 2

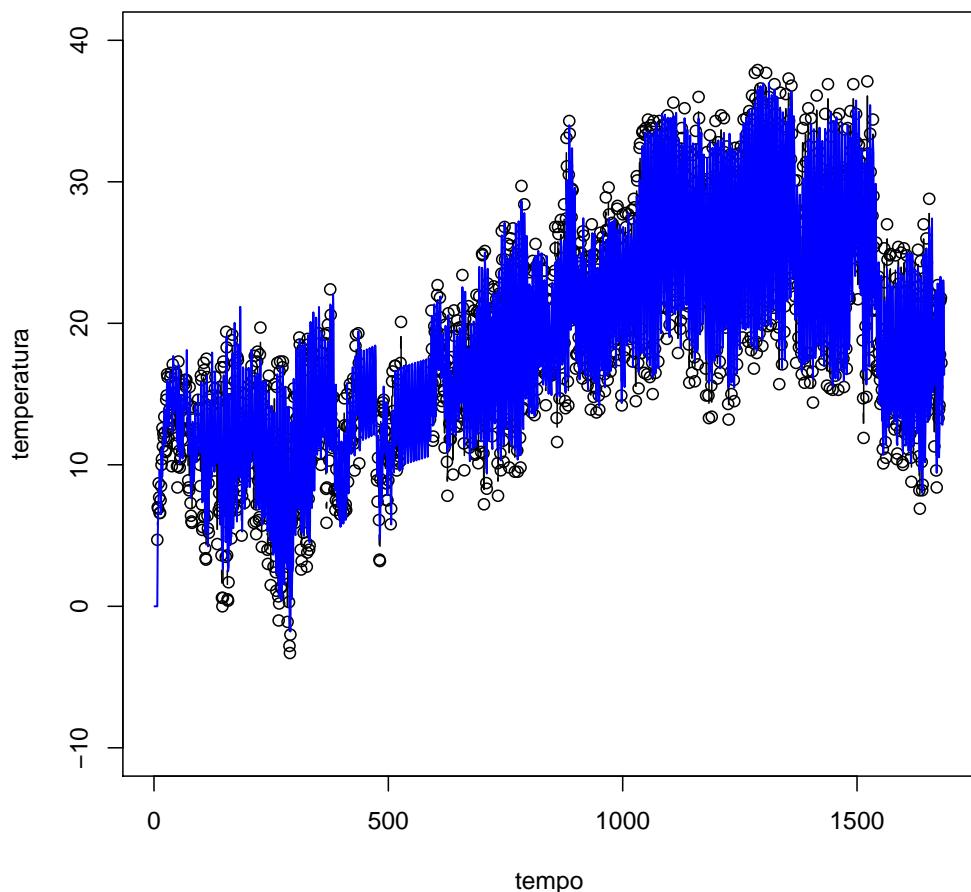


Figura 151: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 1, Vigna 2

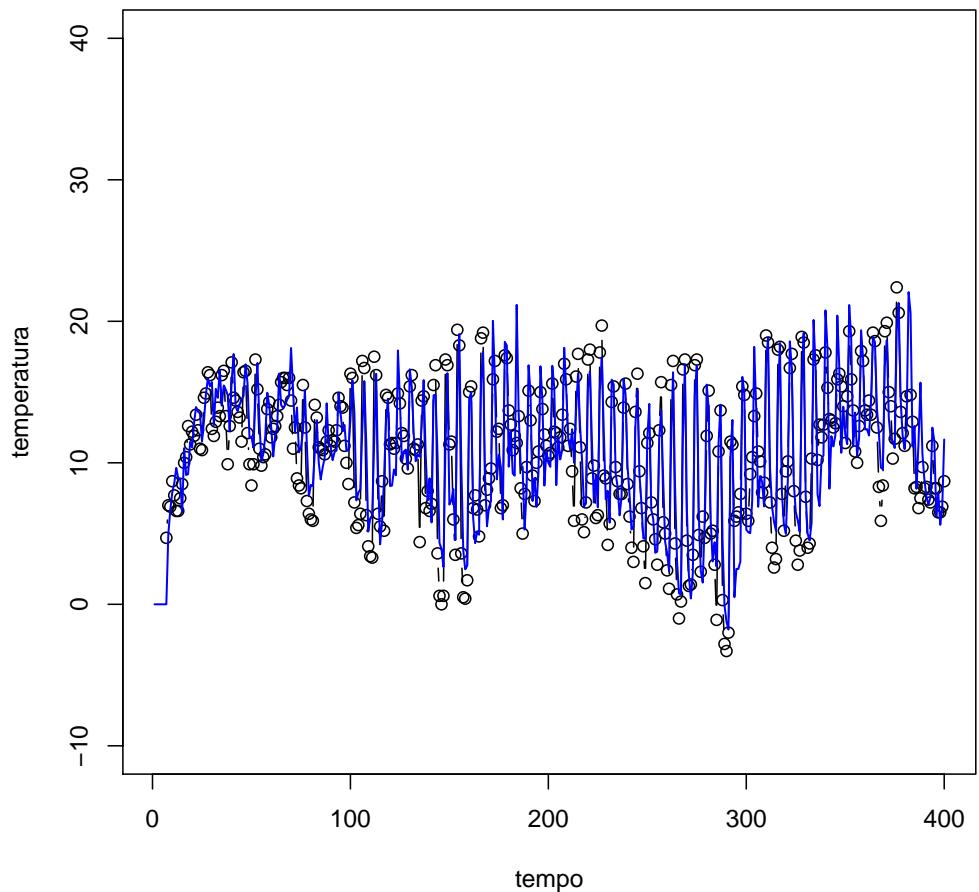


Figura 152: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 2

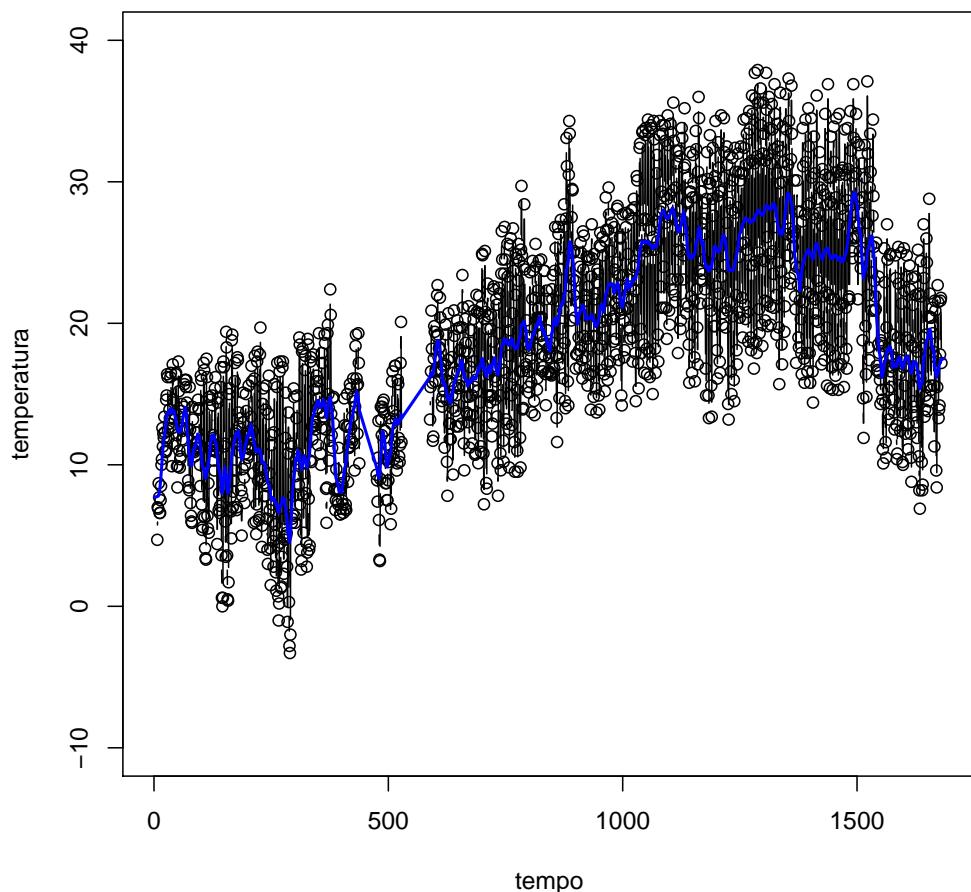


Figura 153: Smoother di Kalman - Tesi 1, Vigna 2

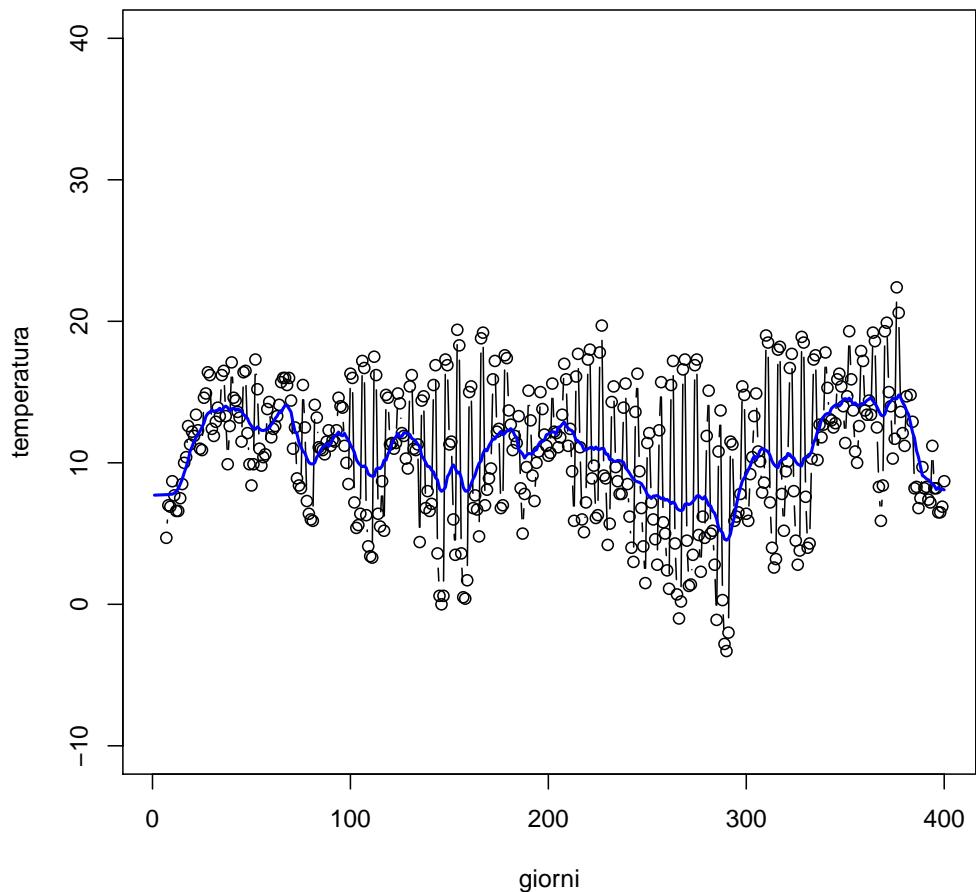


Figura 154: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 2

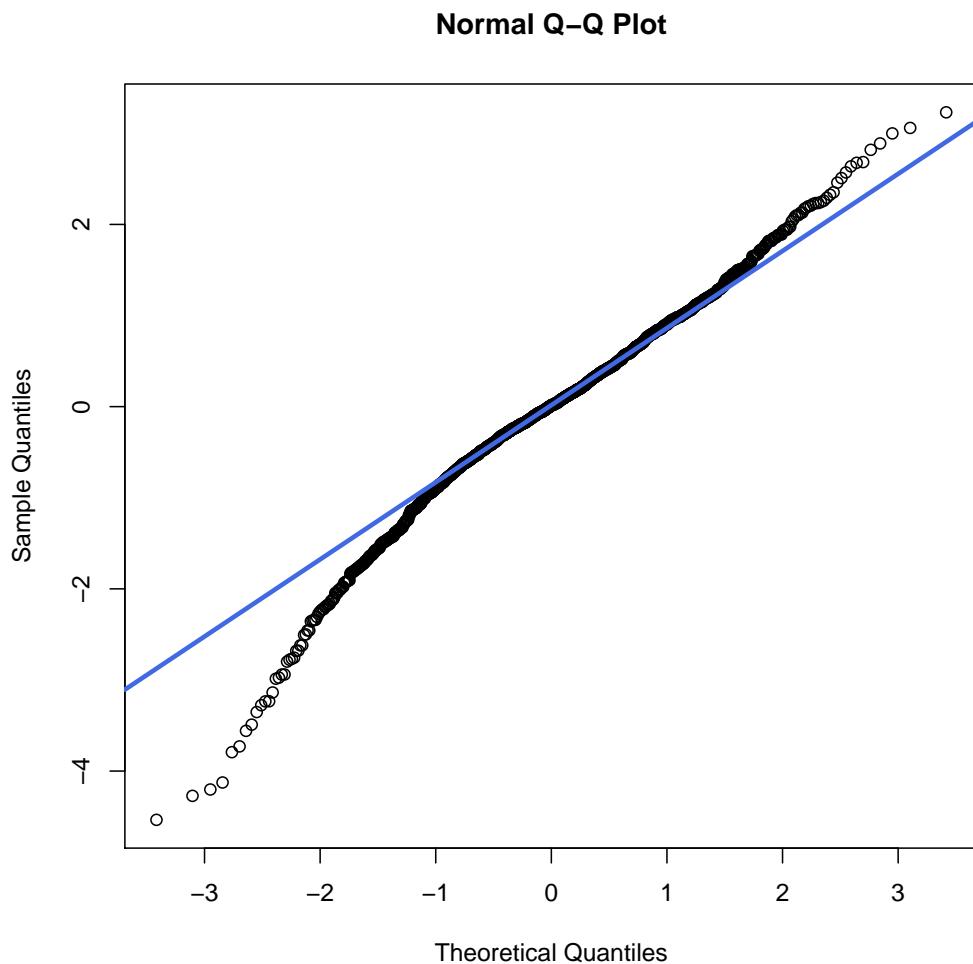


Figura 155: Q-Qplot - Tesi 1, Vigna 2

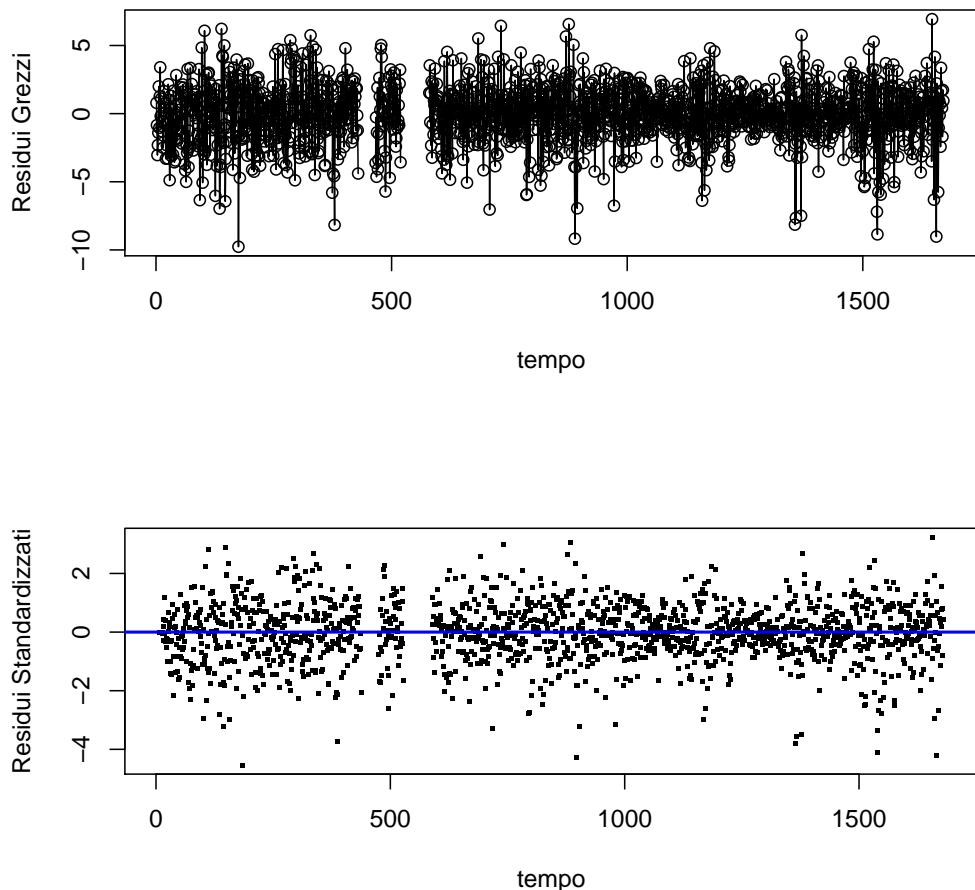


Figura 156: Analisi dei Residui - Tesi 1, Vigna 2

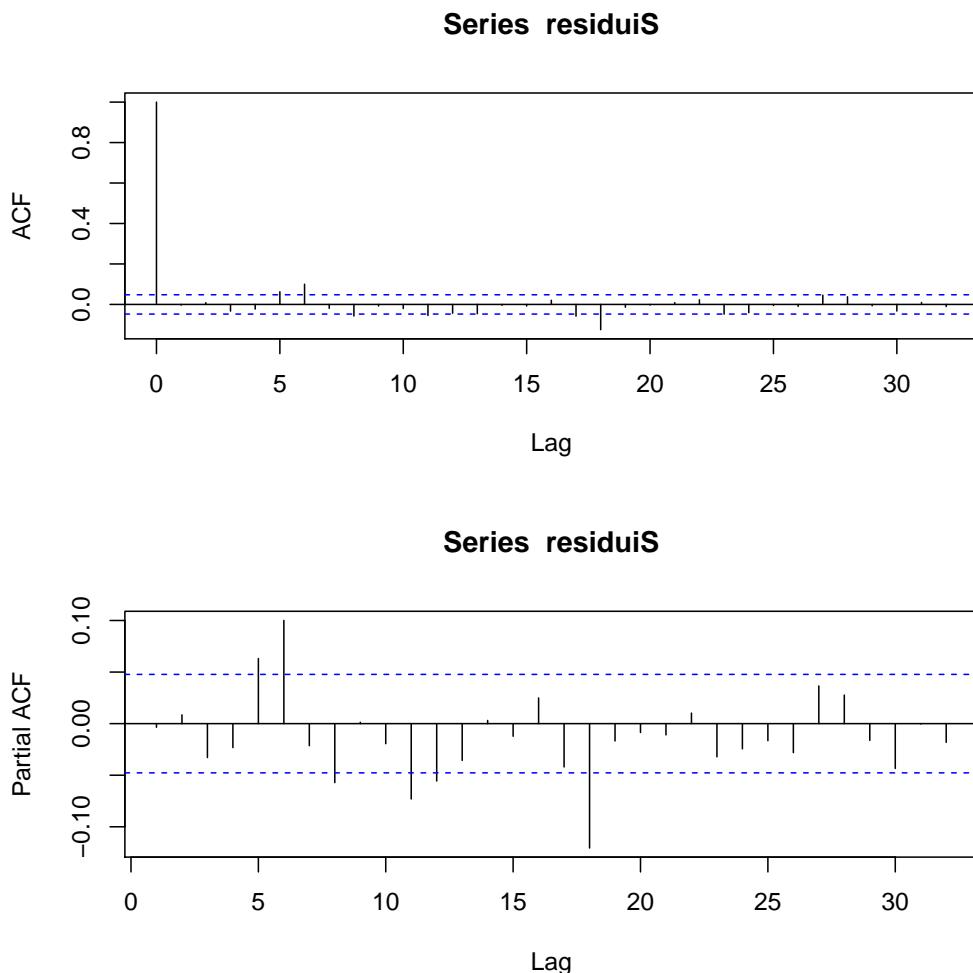


Figura 157: Grafici ACF e PACF - Tesi 1, Vigna 2

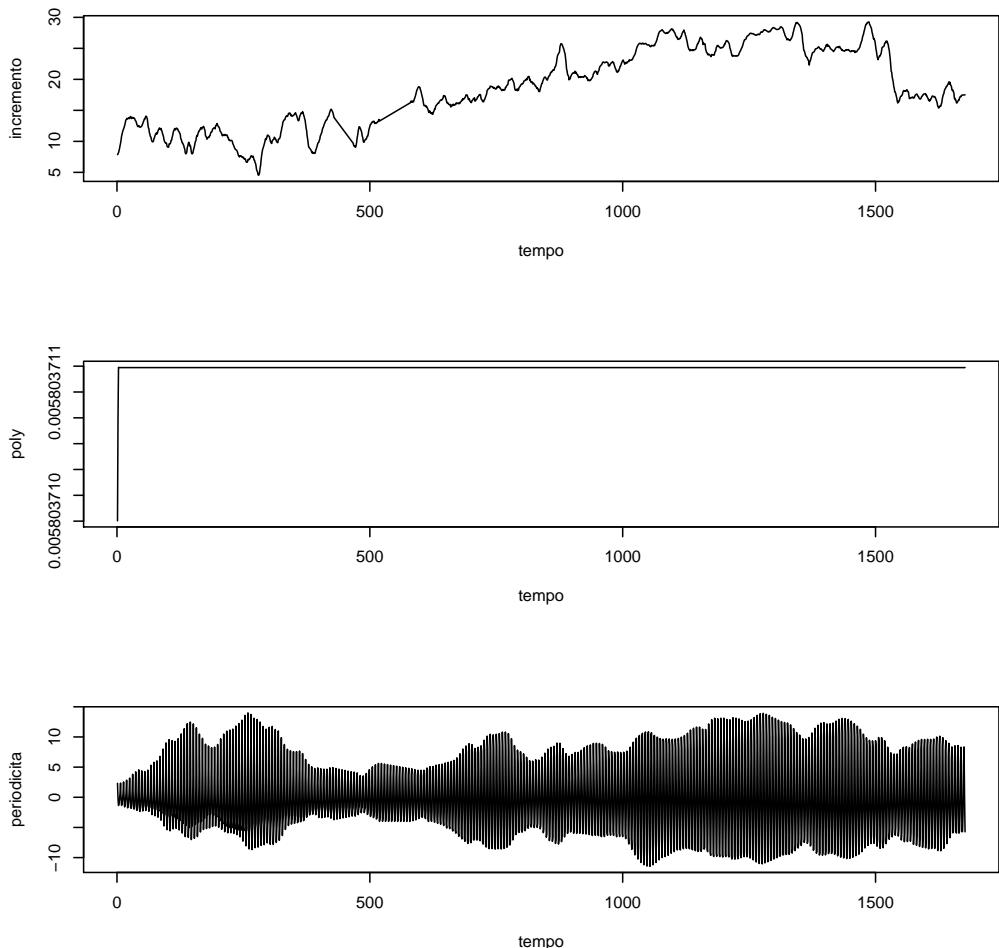


Figura 158: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 1, Vigna 2

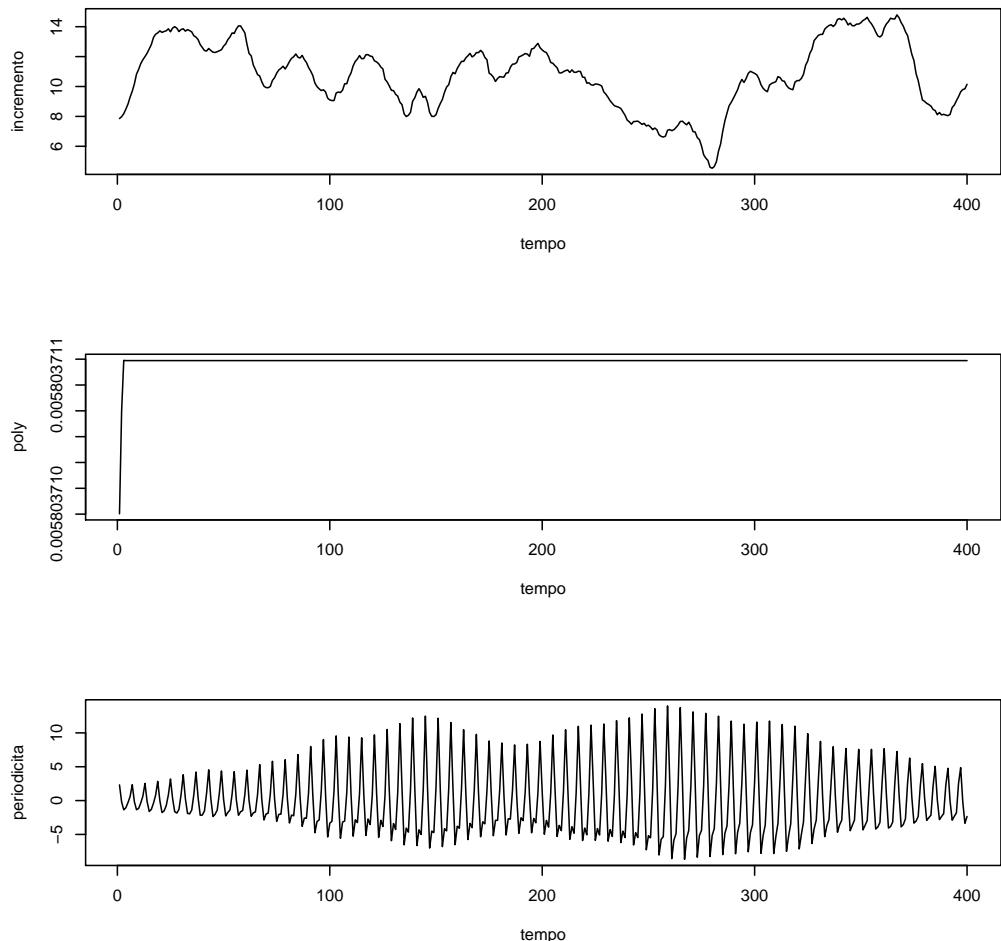


Figura 159: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 2

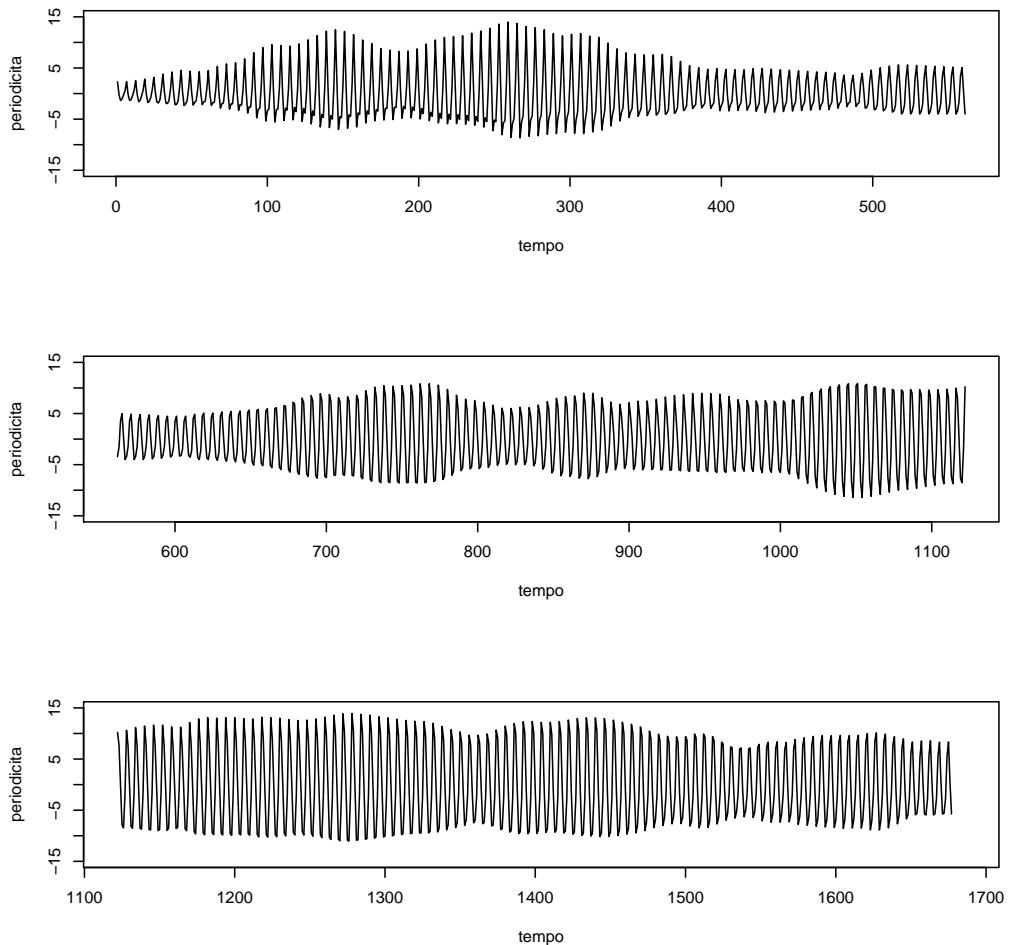


Figura 160: Componente Periodica - Tesi 1, Vigna 2

3.3.2 Slave Vigna 2 - Tesi 2

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 3.

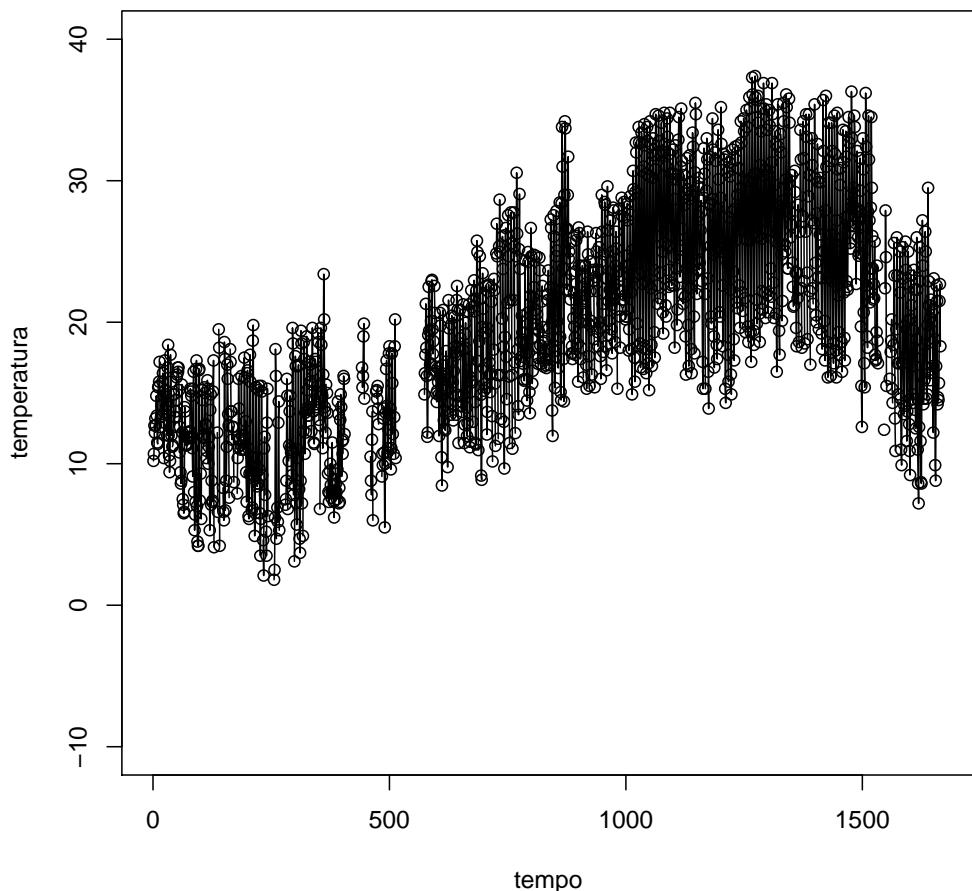


Figura 161: Dati Osservati - Tesi 2, Vigna 2

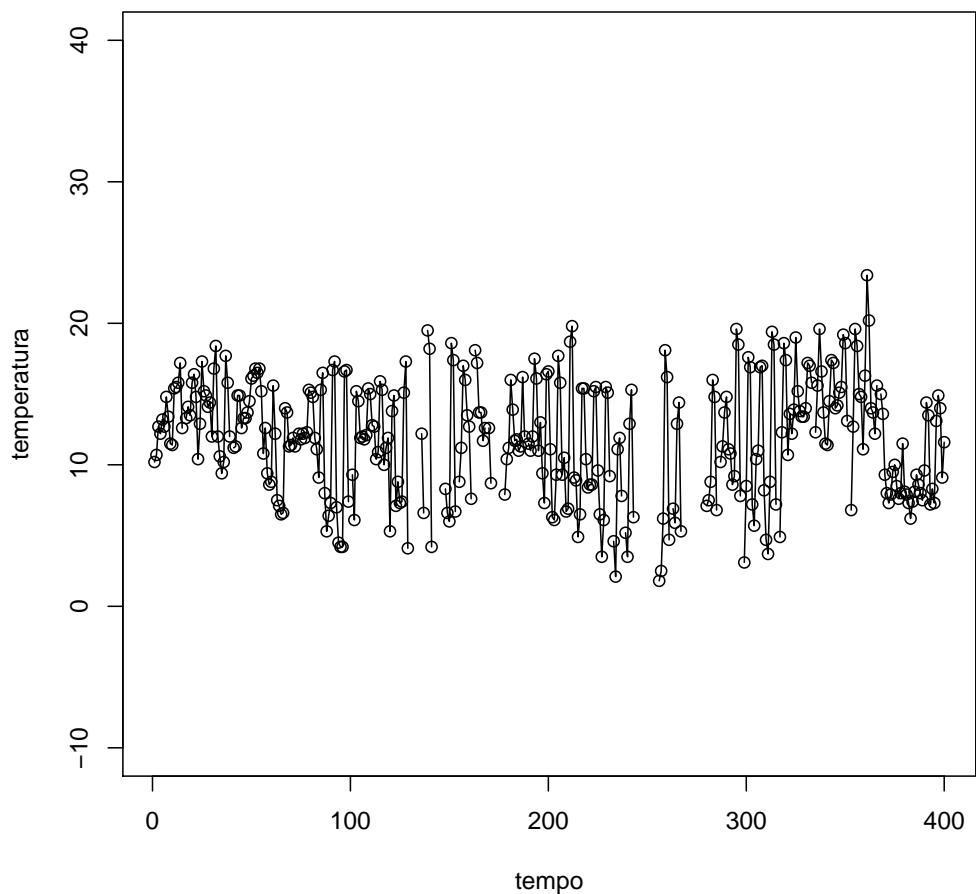


Figura 162: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 2

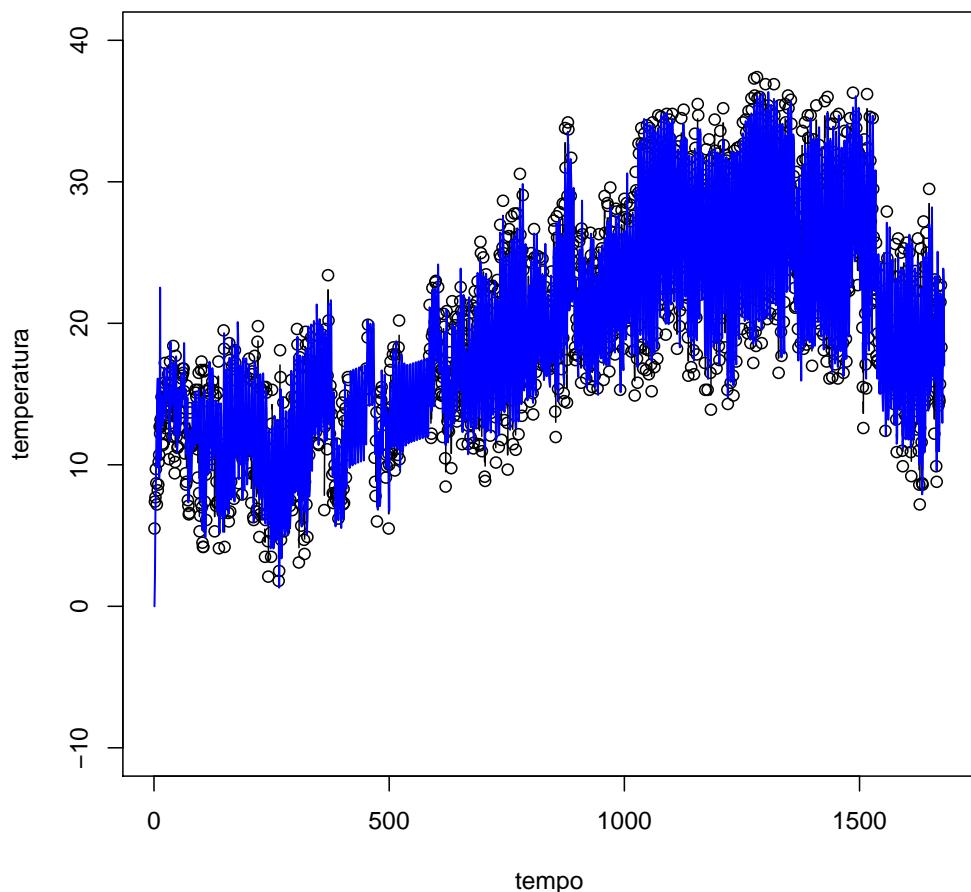


Figura 163: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 2, Vigna 2

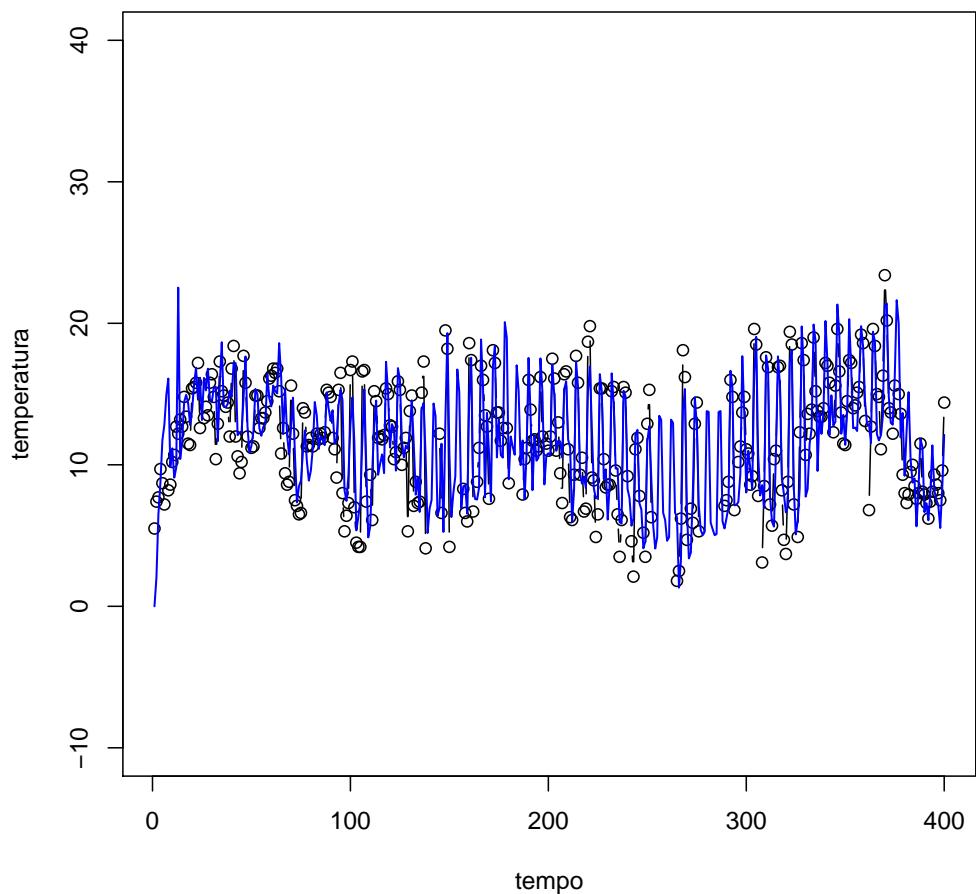


Figura 164: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 2

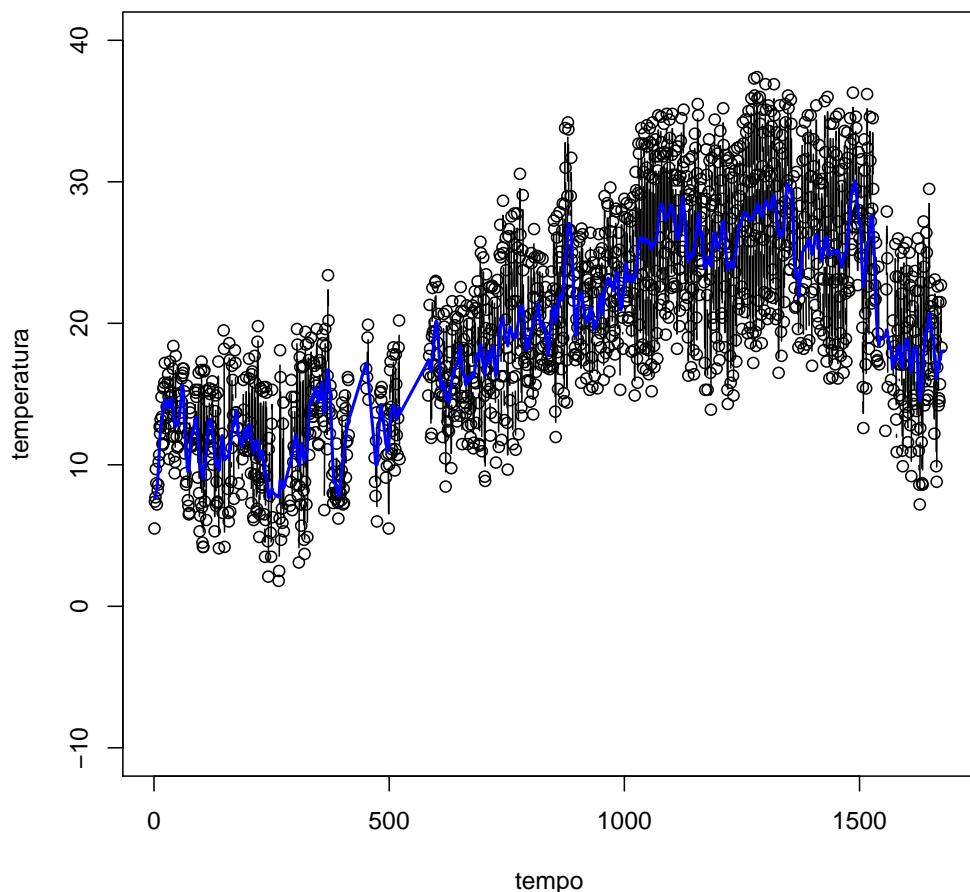


Figura 165: Smoother di Kalman - Tesi 2, Vigna 2

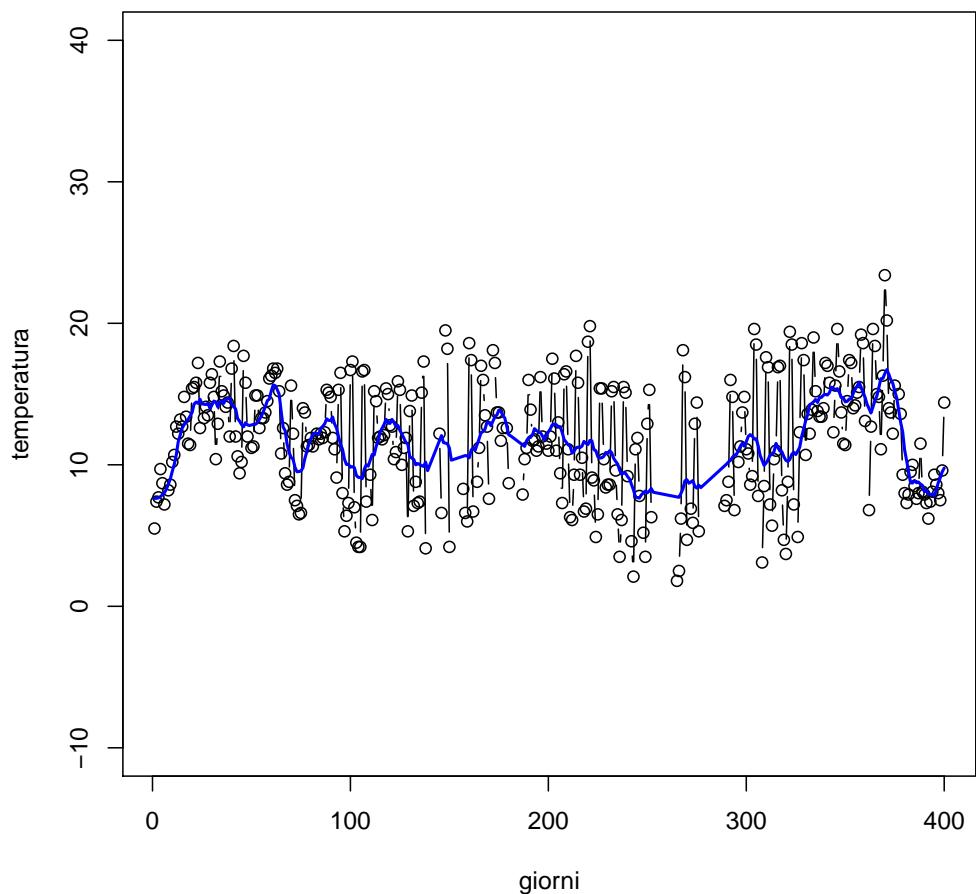


Figura 166: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 2

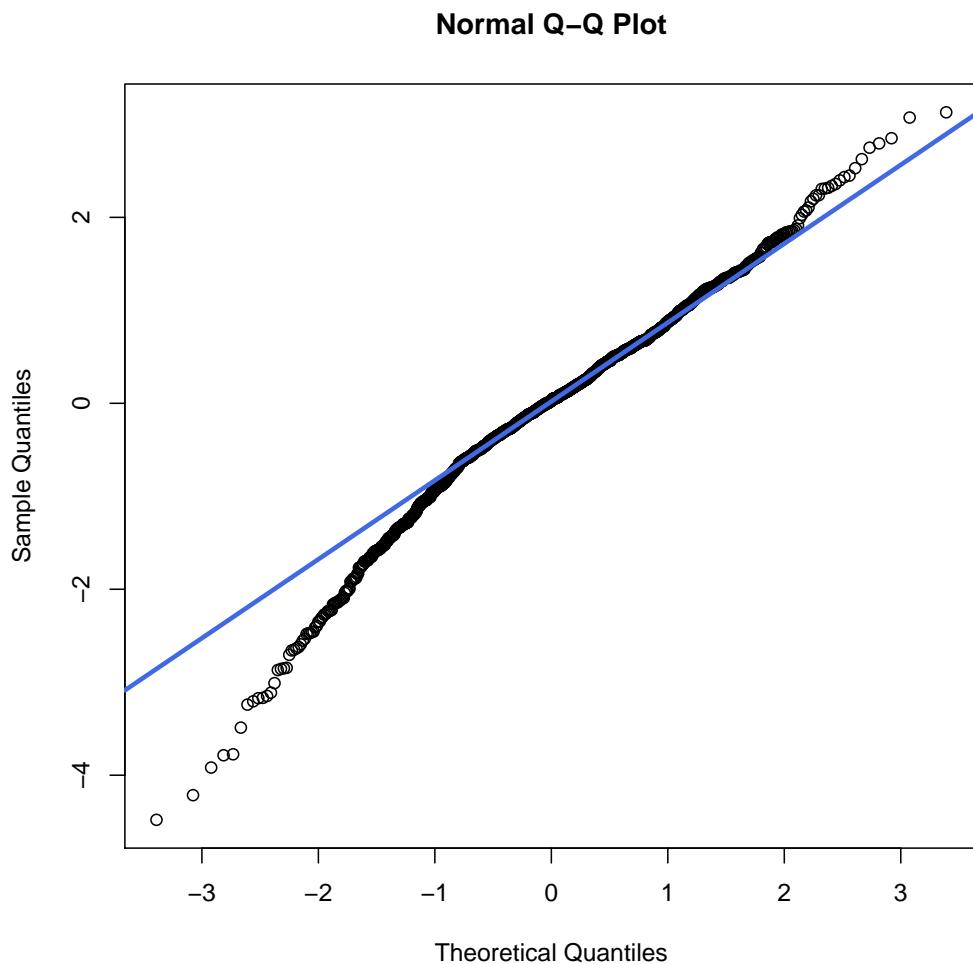


Figura 167: Q-Qplot - Tesi 2, Vigna 2

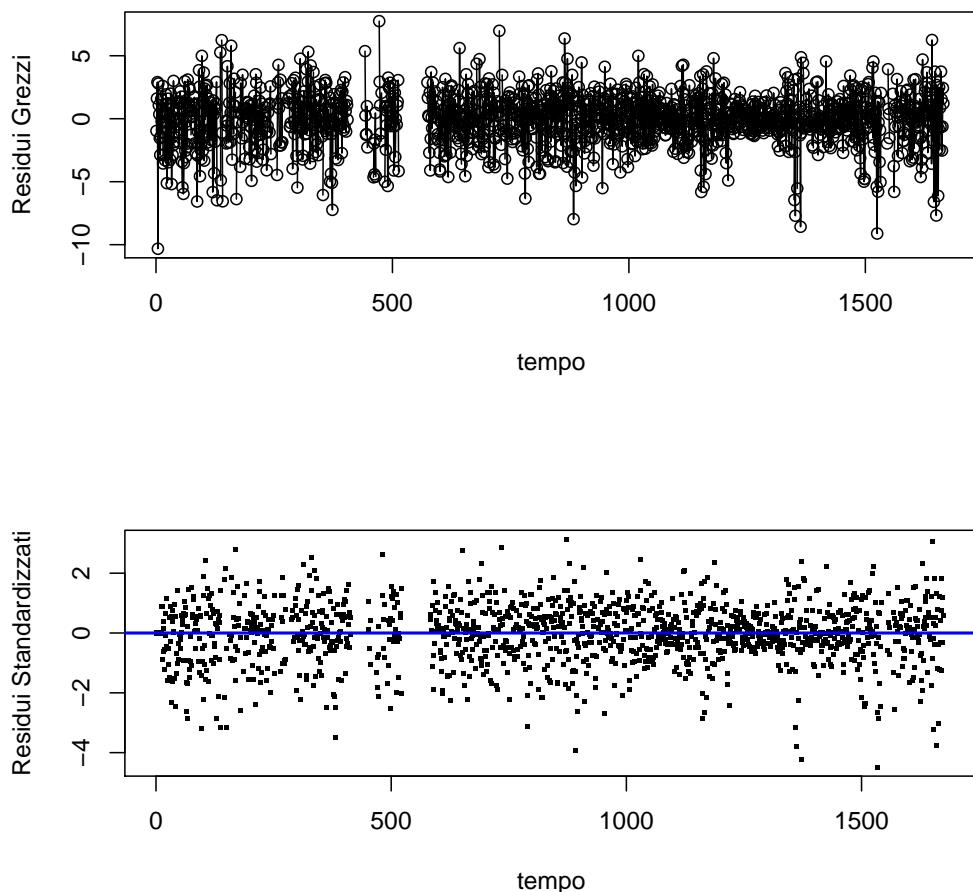


Figura 168: Analisi dei Residui - Tesi 2, Vigna 2

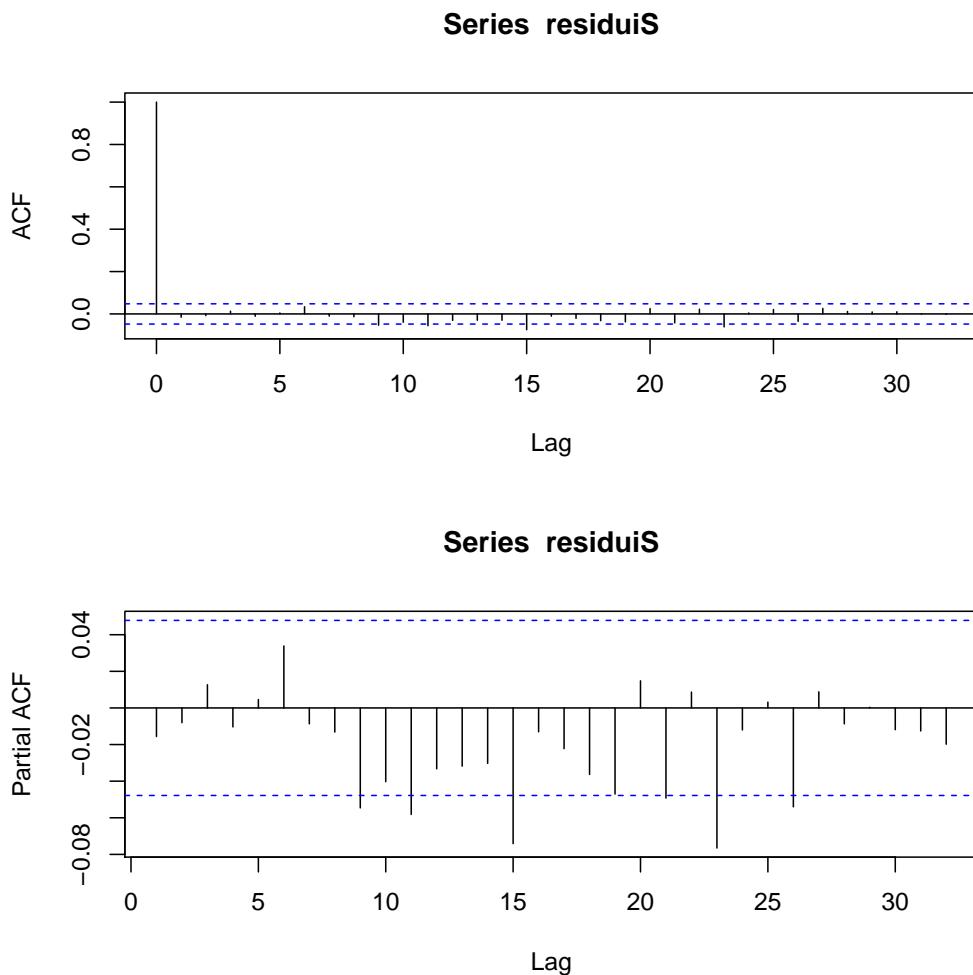


Figura 169: Grafici ACF e PACF - Tesi 2, Vigna 2

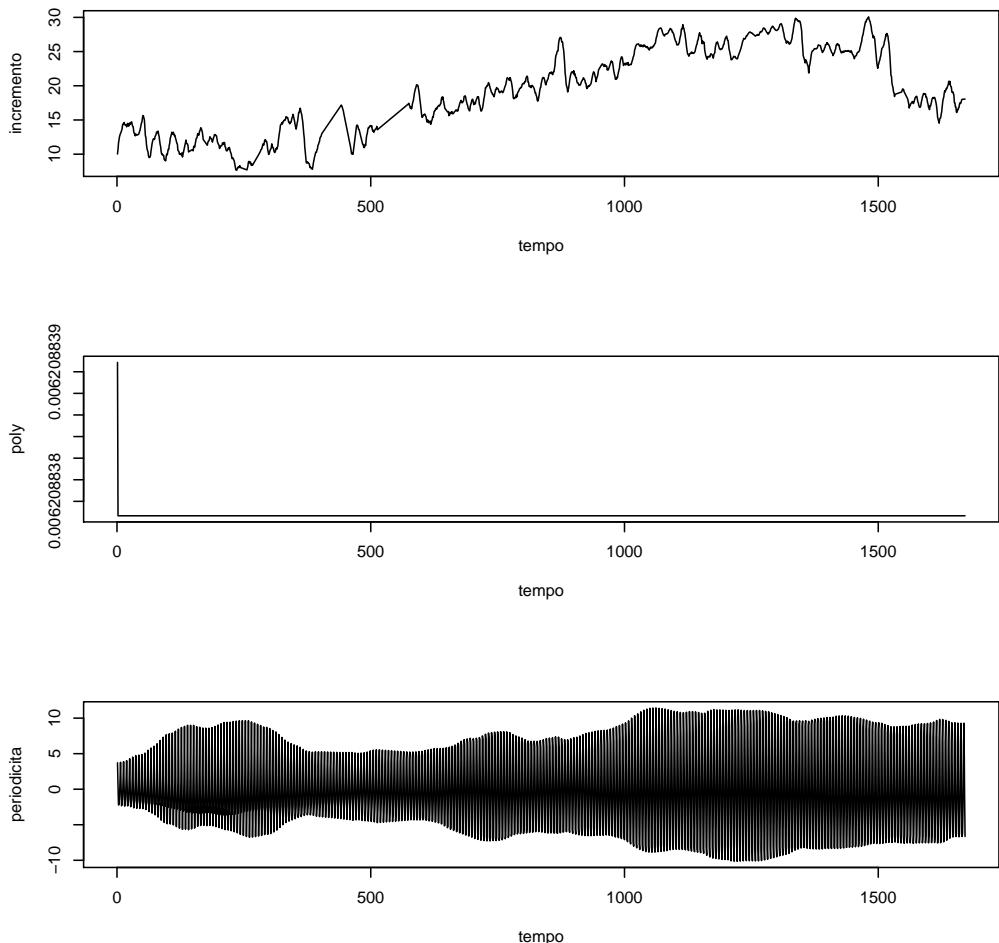


Figura 170: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 2, Vigna 2

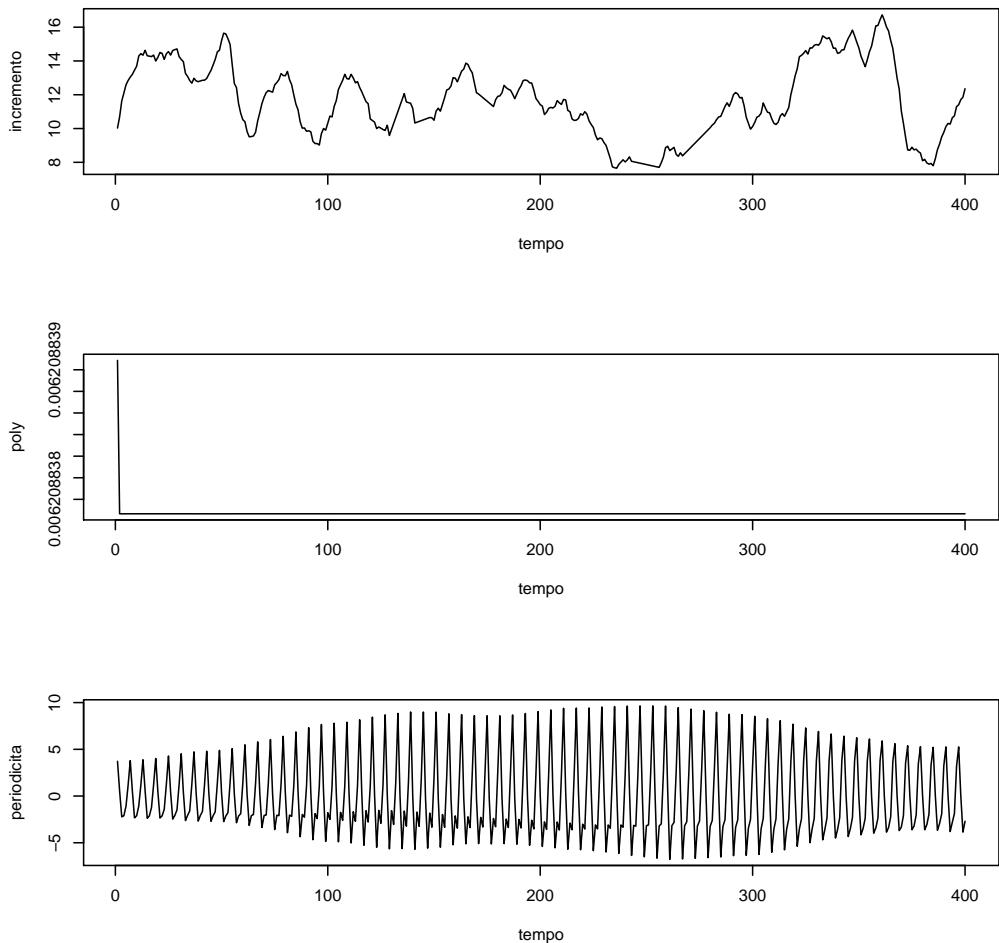


Figura 171: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 2

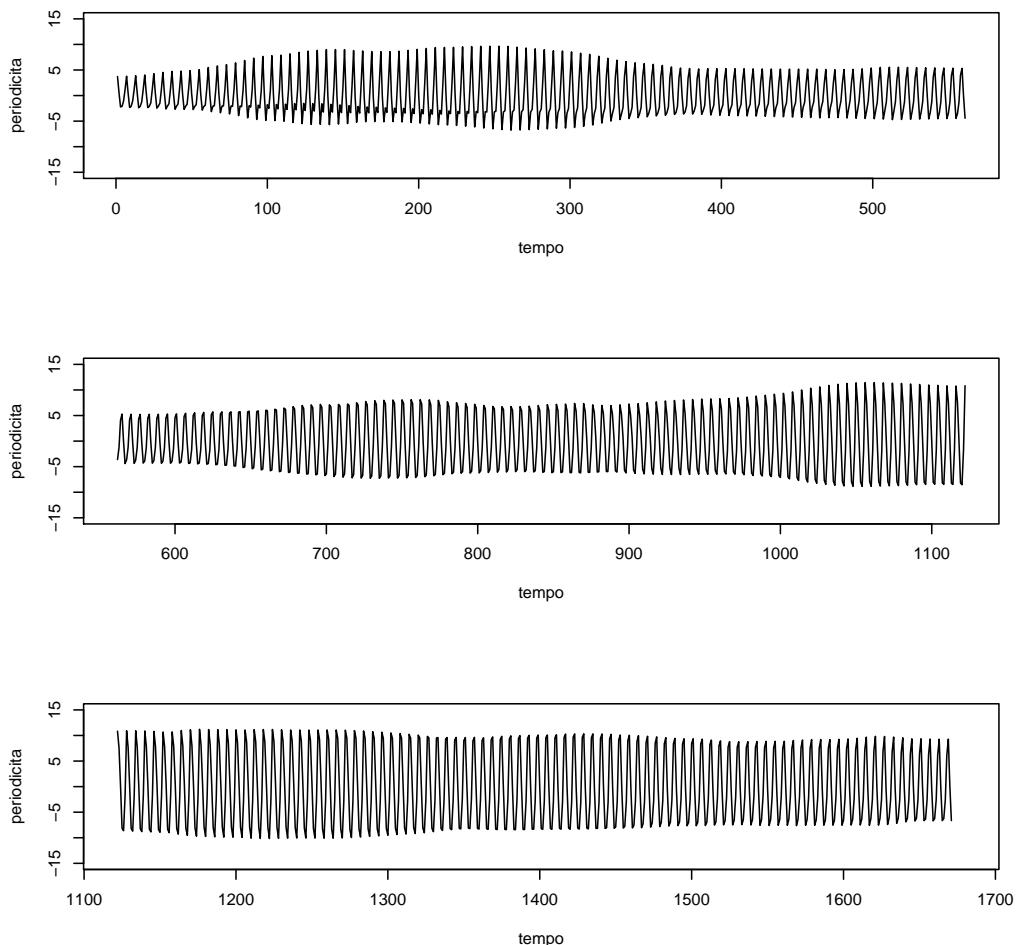


Figura 172: Componente Periodica - Tesi 2, Vigna 2

3.3.3 Slave Vigna 2 - Tesi 3

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 3.

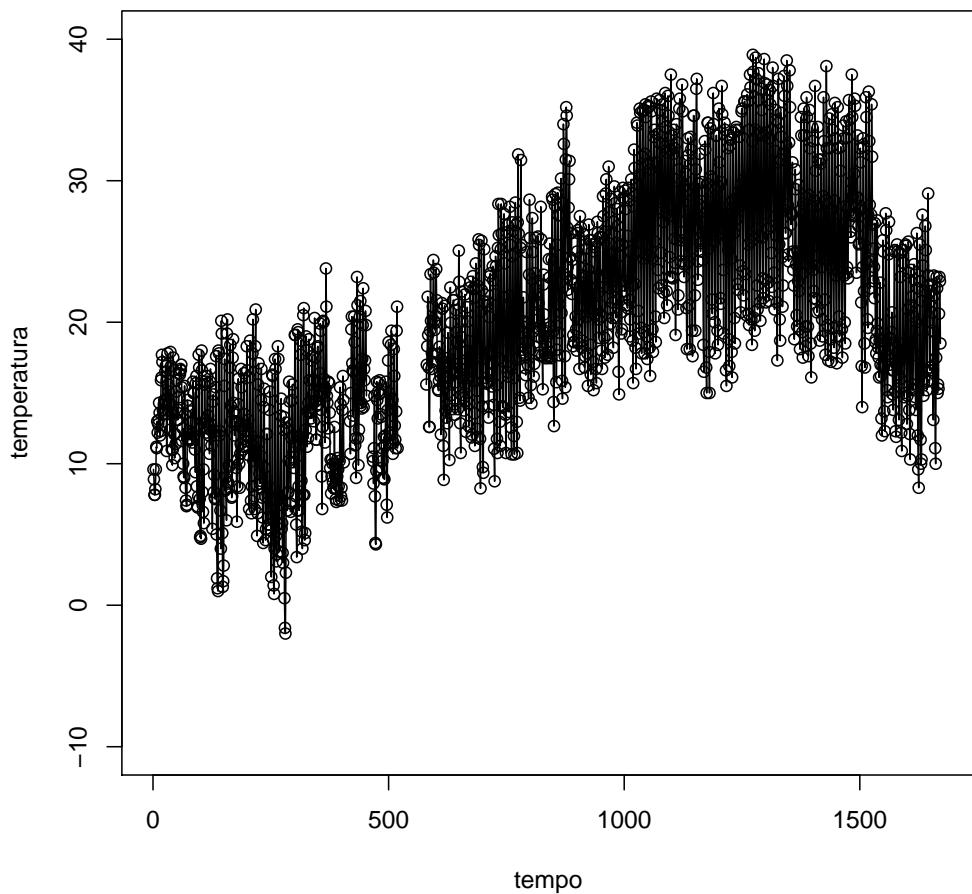


Figura 173: Dati Osservati - Tesi 3, Vigna 2

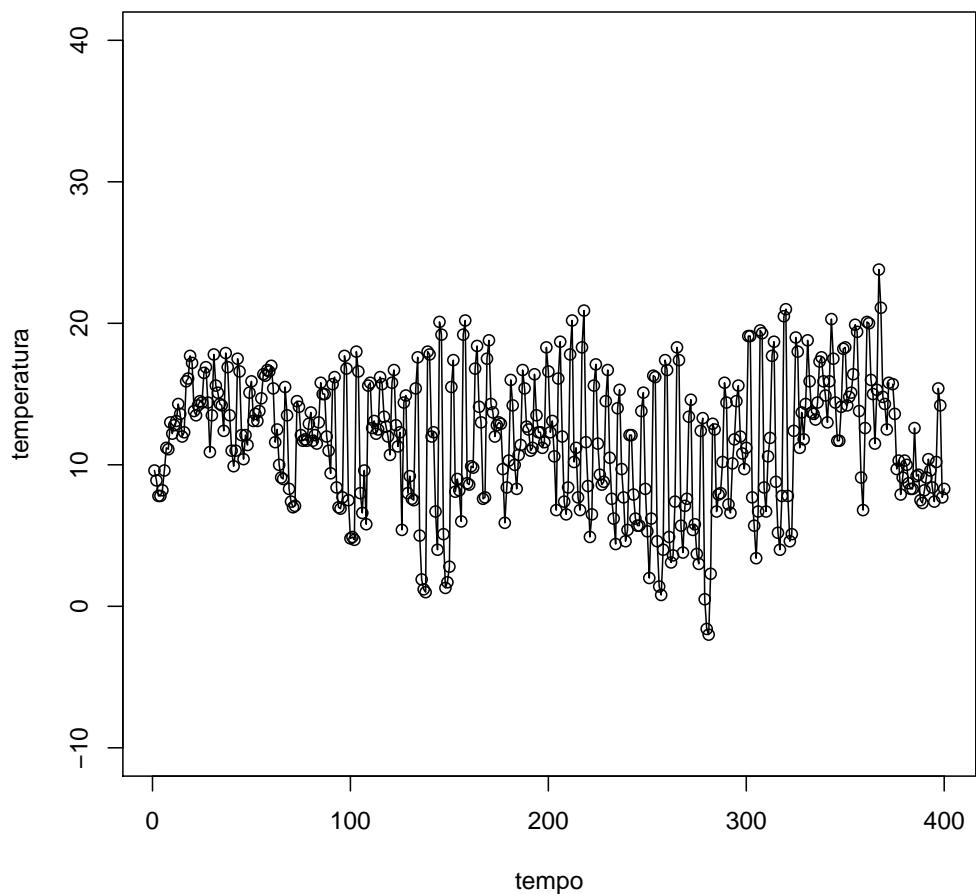


Figura 174: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 2

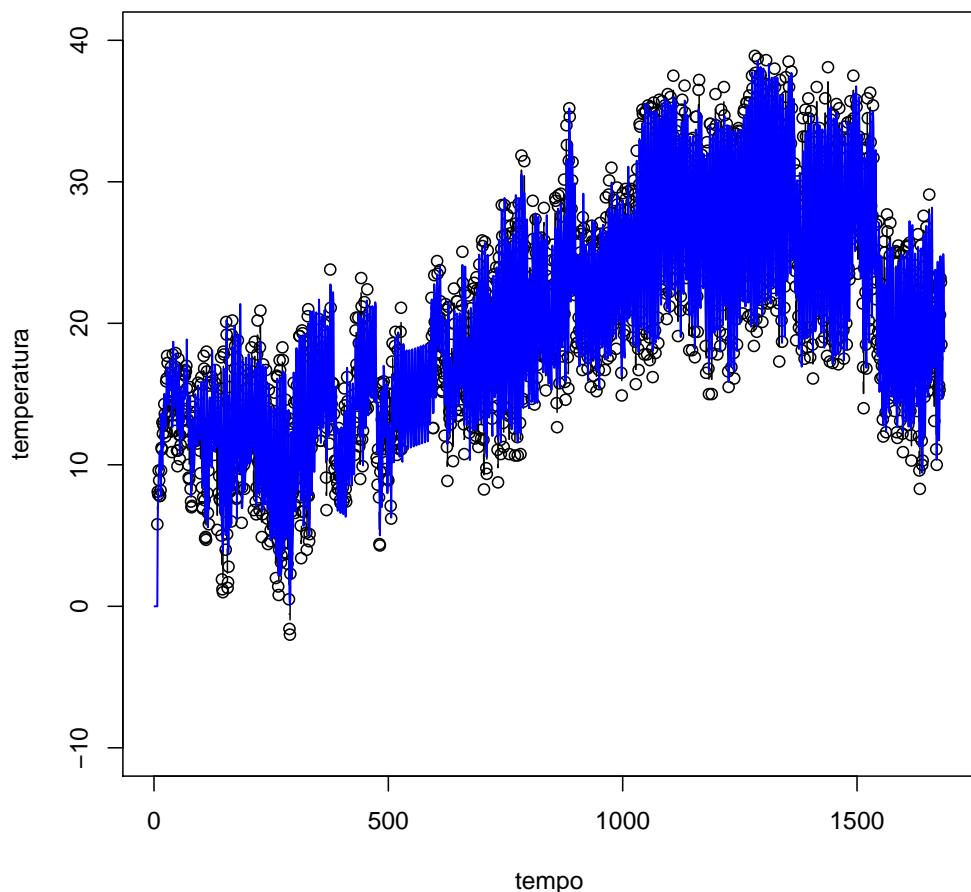


Figura 175: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 3, Vigna 2

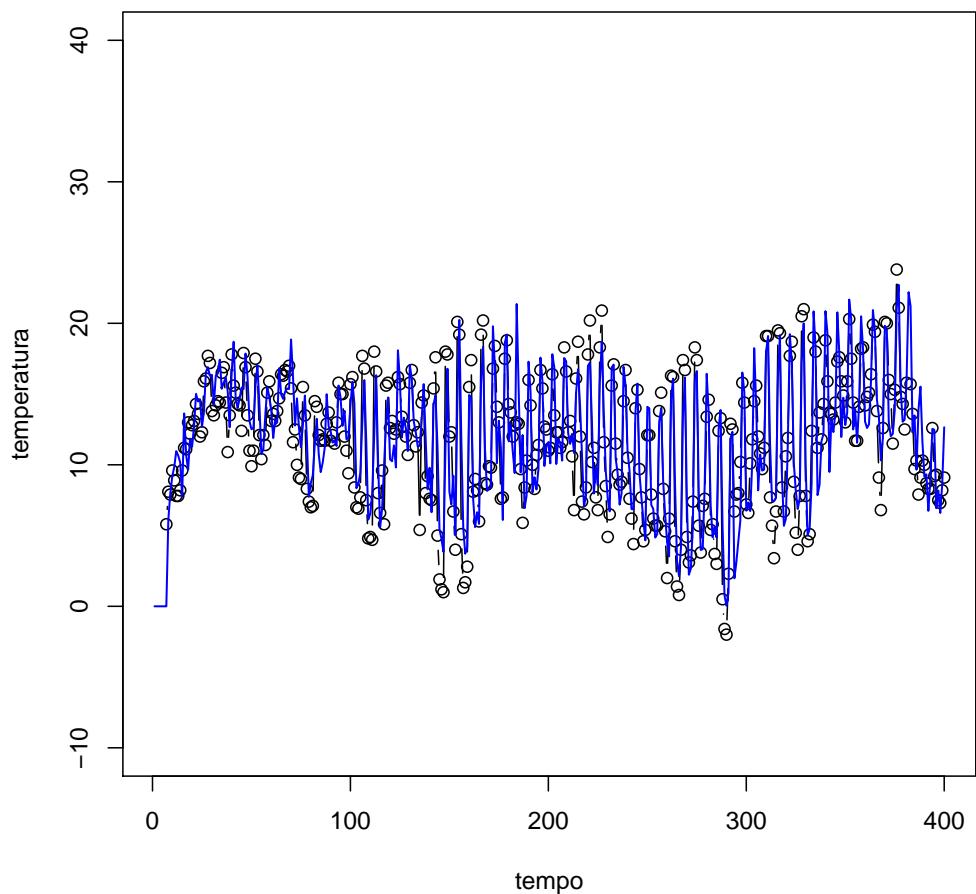


Figura 176: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 2

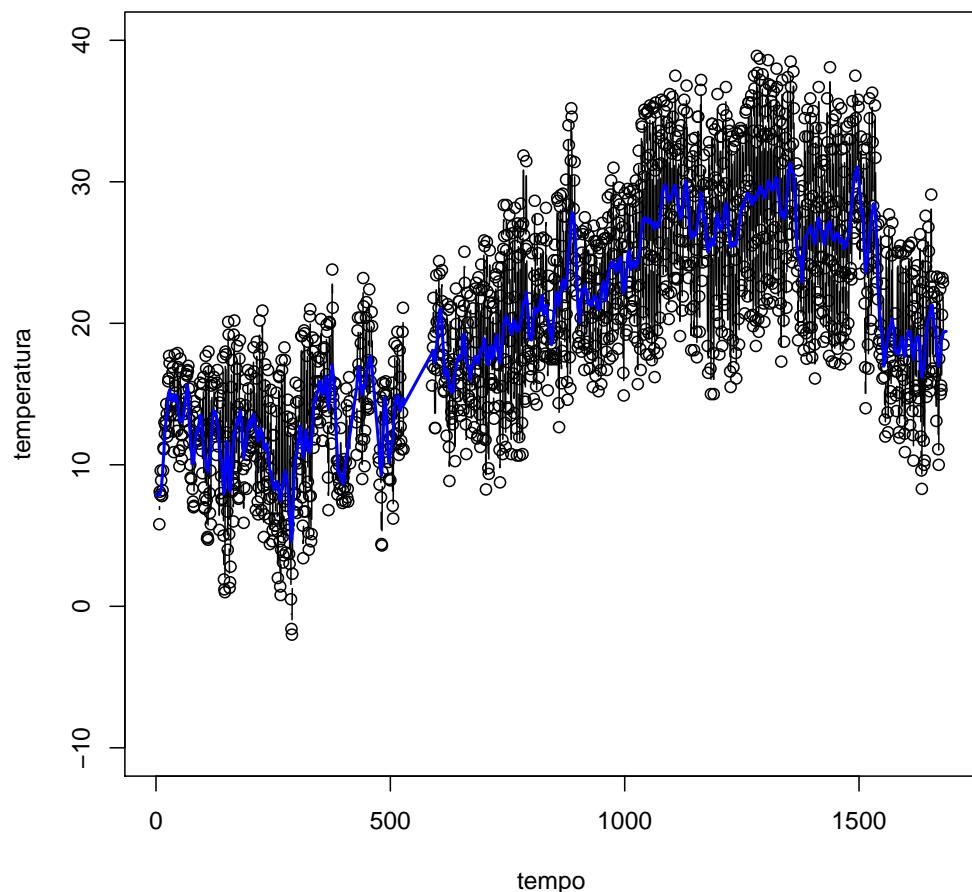


Figura 177: Smoother di Kalman - Tesi 3, Vigna 2

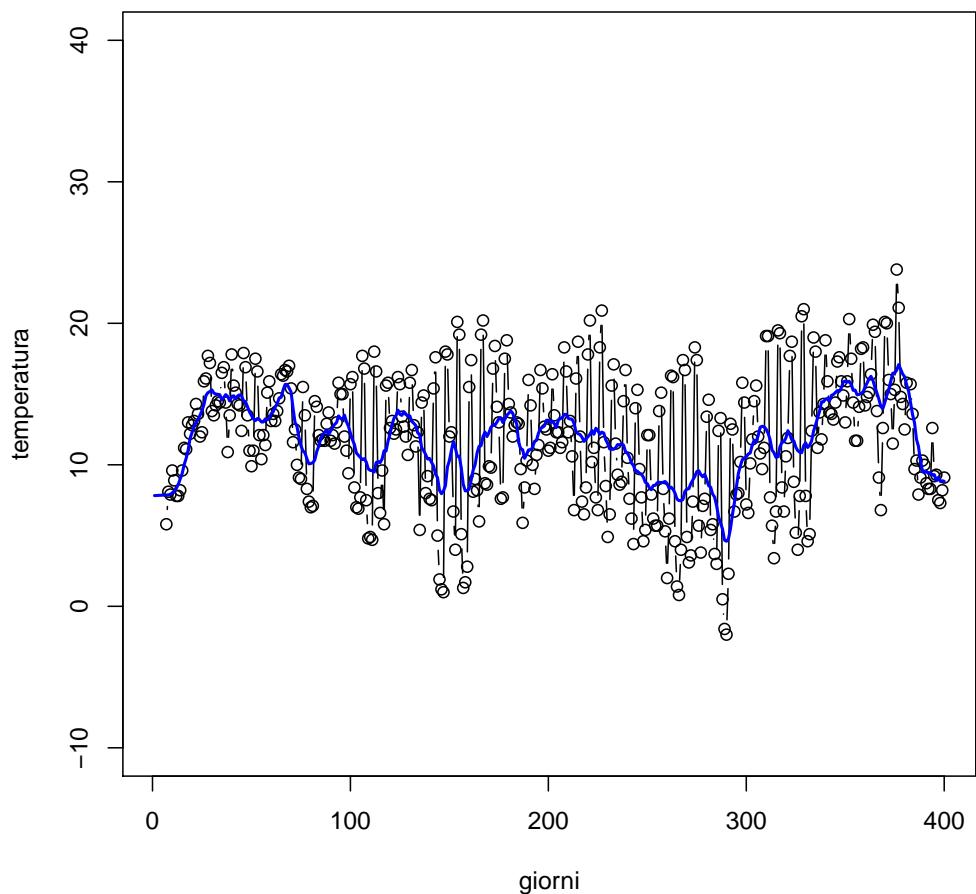


Figura 178: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 2

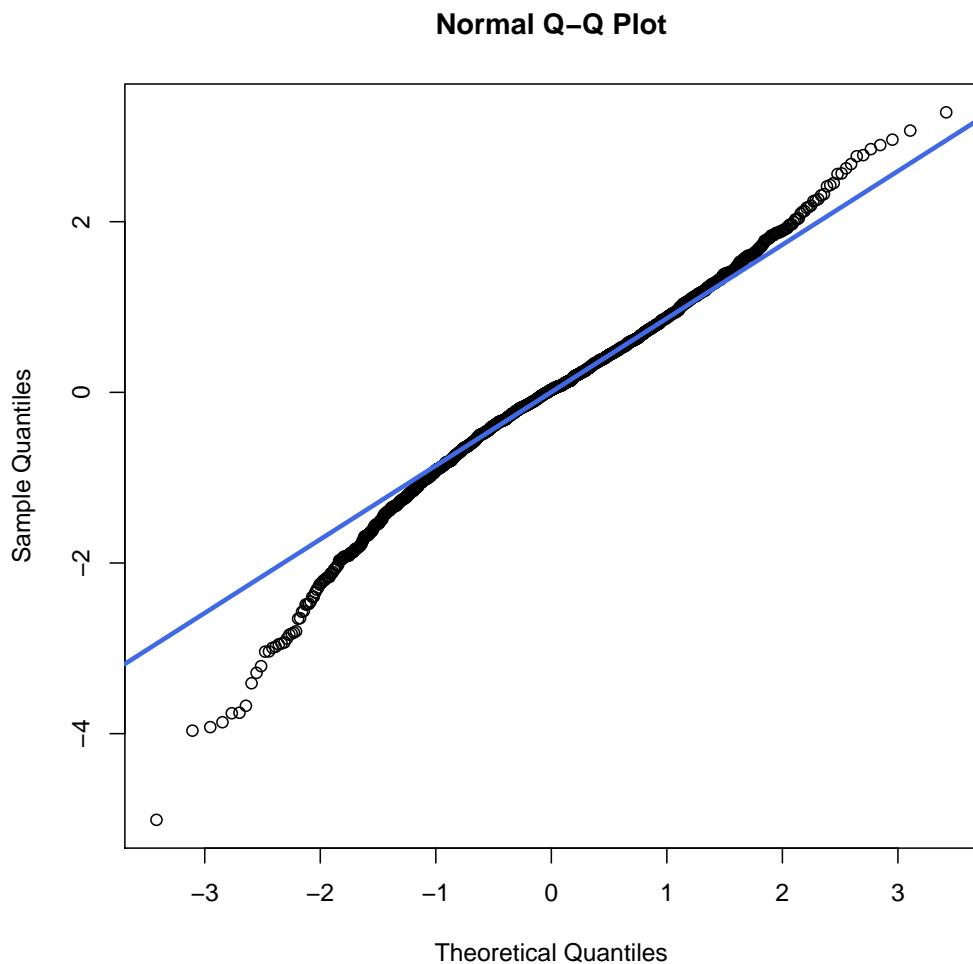


Figura 179: Q-Qplot - Tesi 3, Vigna 2

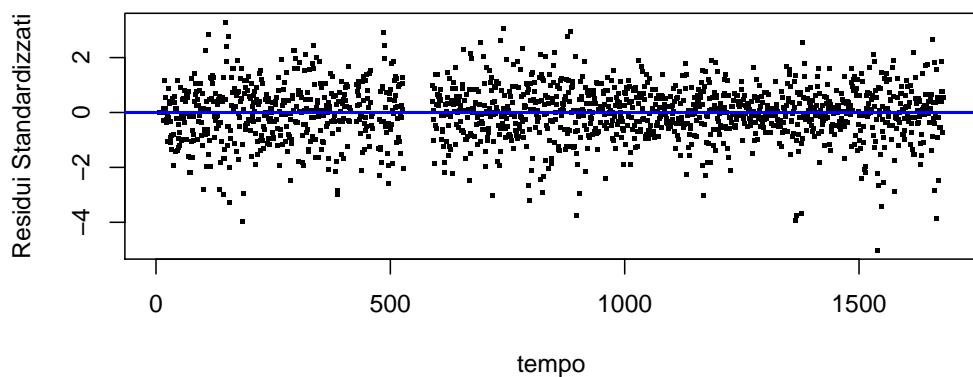
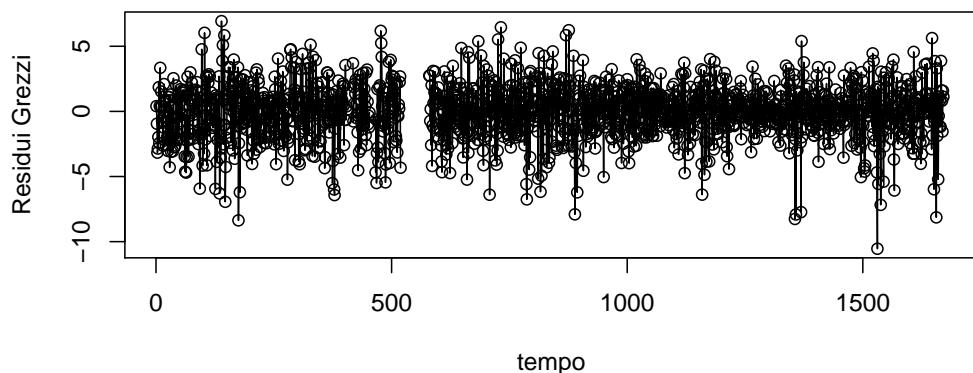


Figura 180: Analisi dei Residui - Tesi 3, Vigna 2

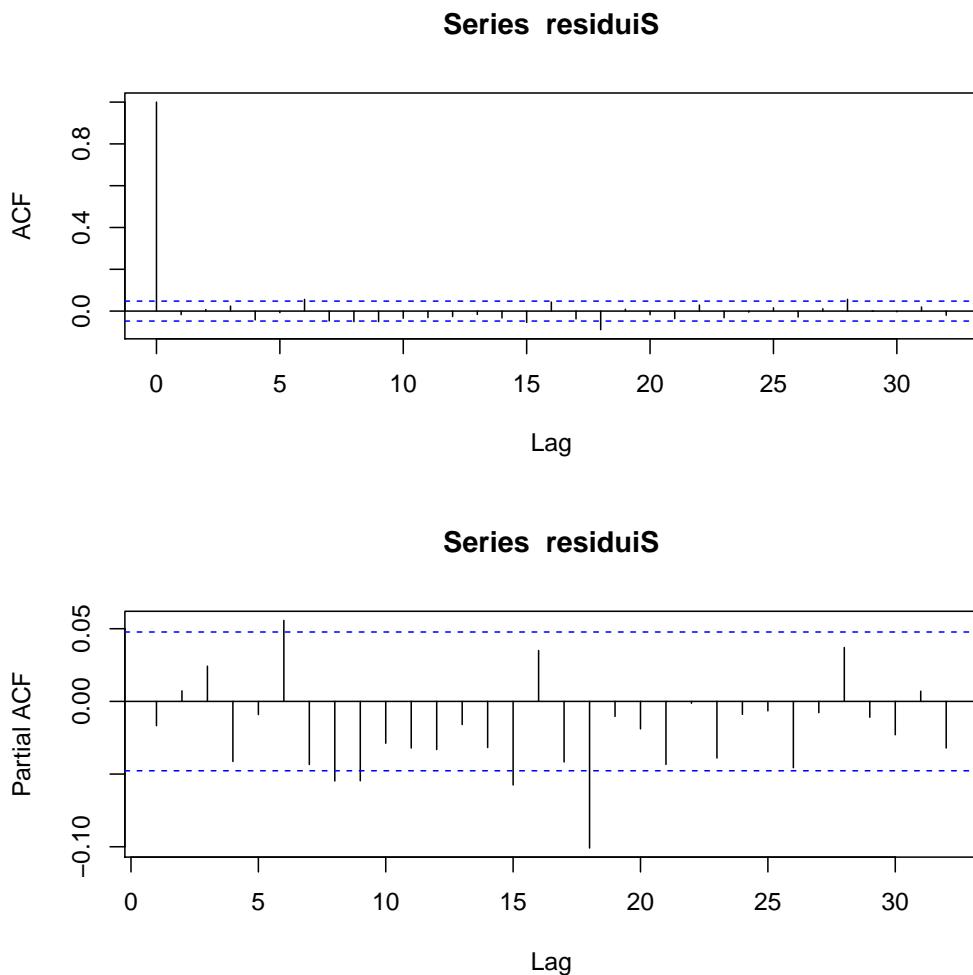


Figura 181: Grafici ACF e PACF - Tesi 3, Vigna 2

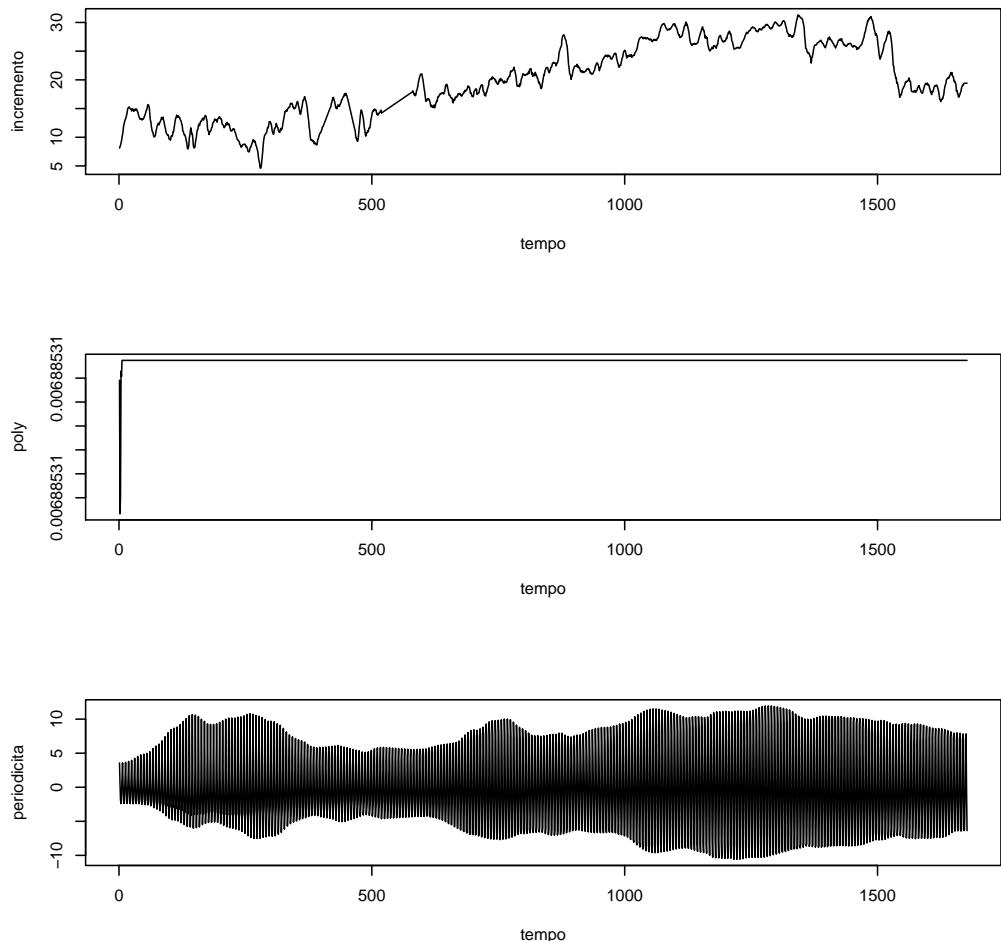


Figura 182: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 3, Vigna 2

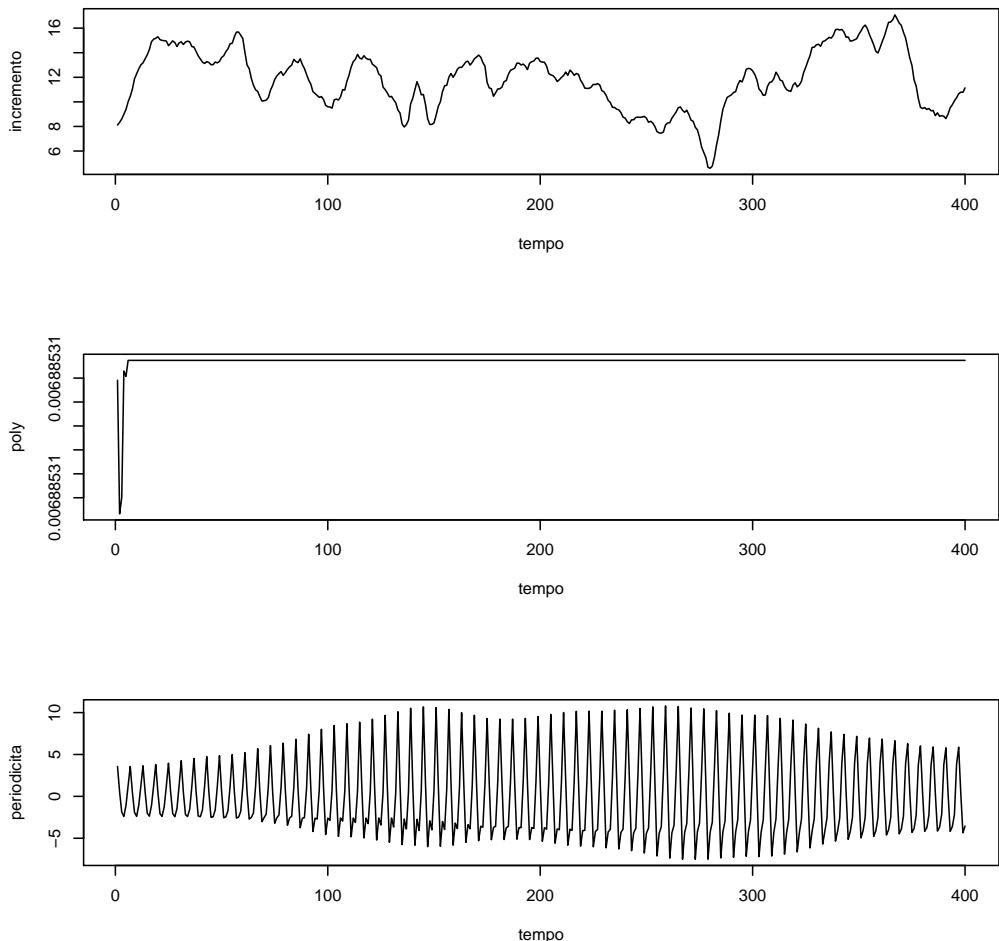


Figura 183: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 2

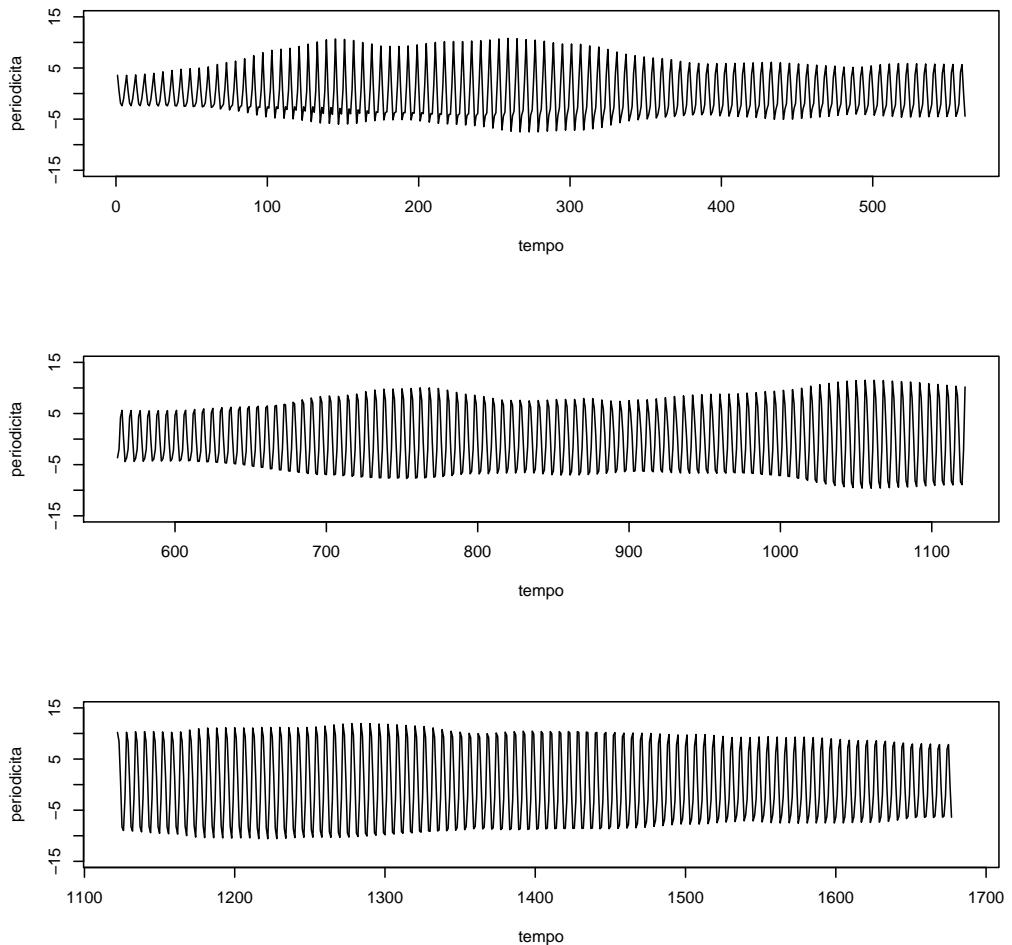


Figura 184: Componente Periodica - Tesi 3, Vigna 2

3.3.4 Slave Vigna 2 - Tesi 4

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 3.

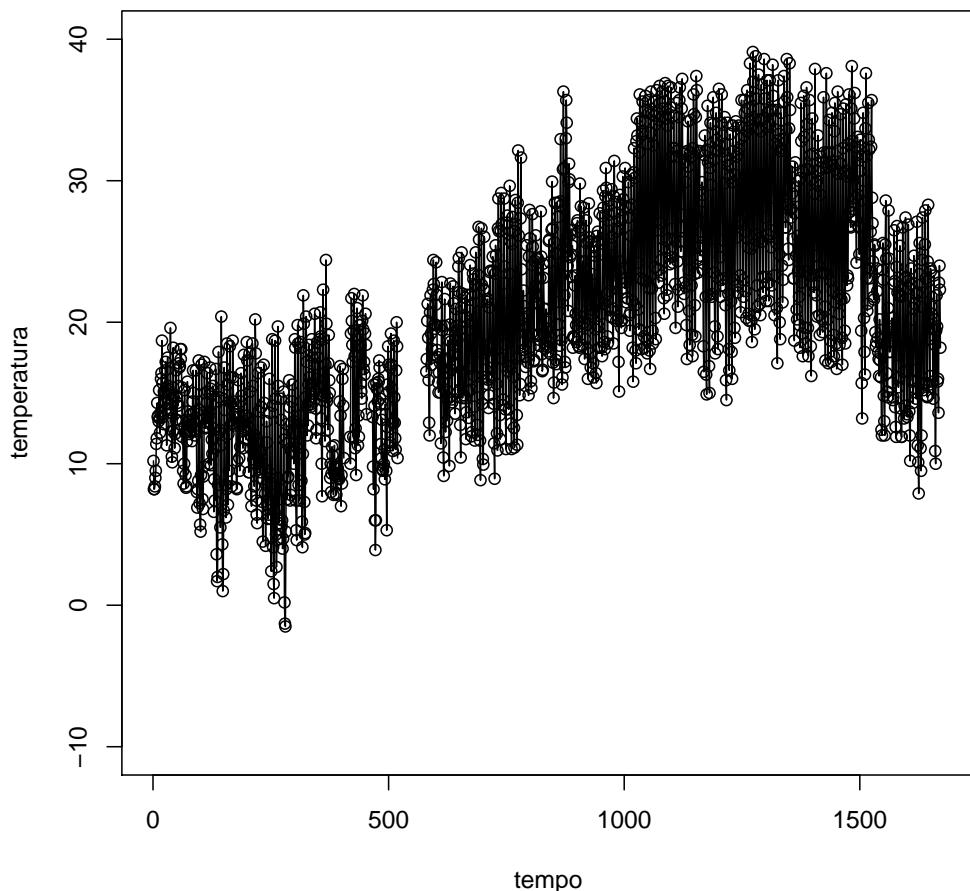


Figura 185: Dati Osservati - Tesi 4, Vigna 2

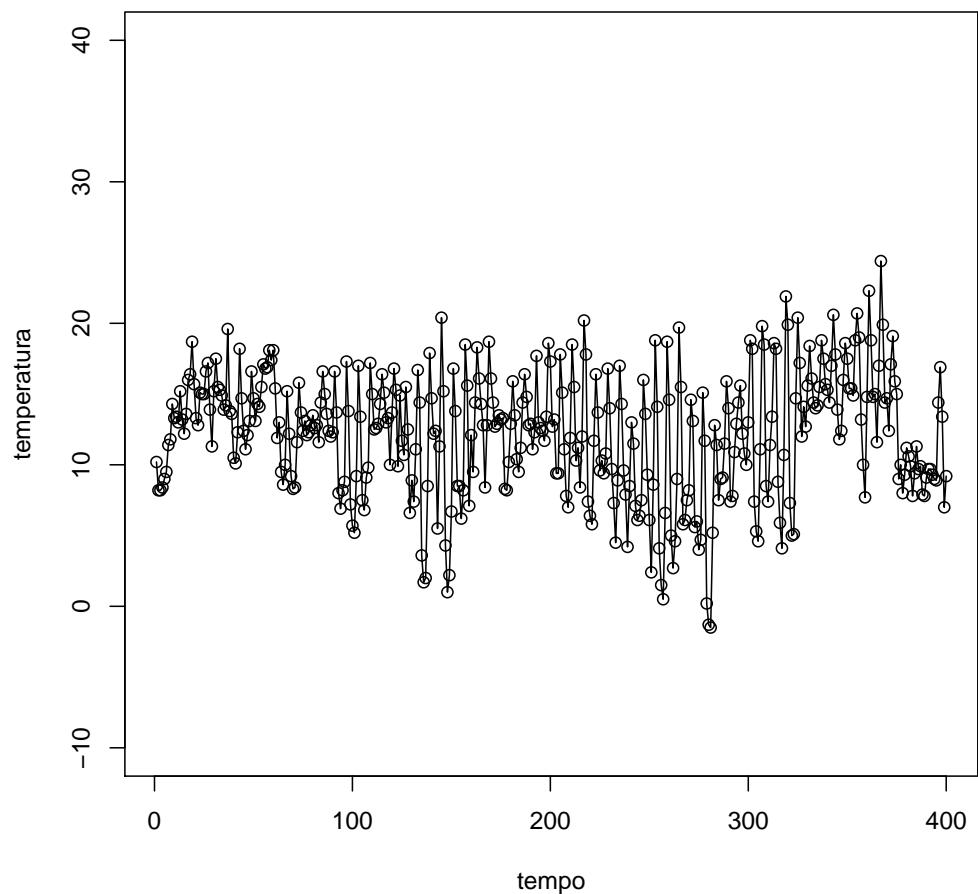


Figura 186: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 2

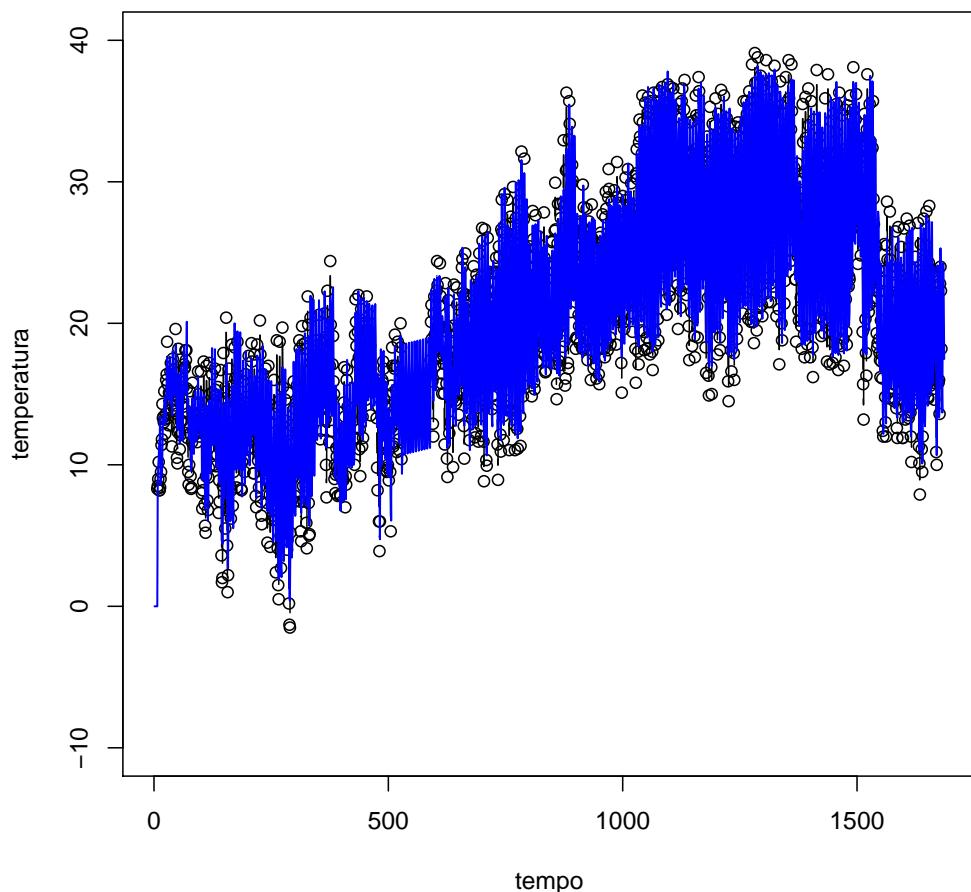


Figura 187: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 4, Vigna 2

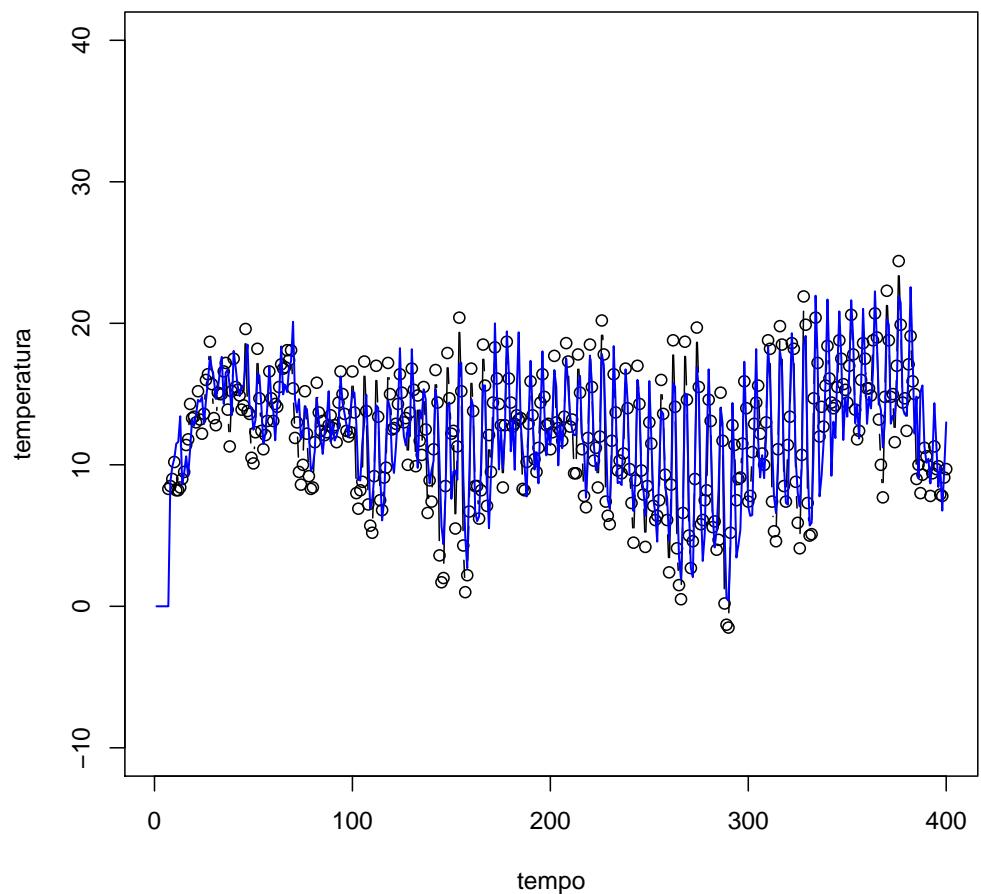


Figura 188: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 2

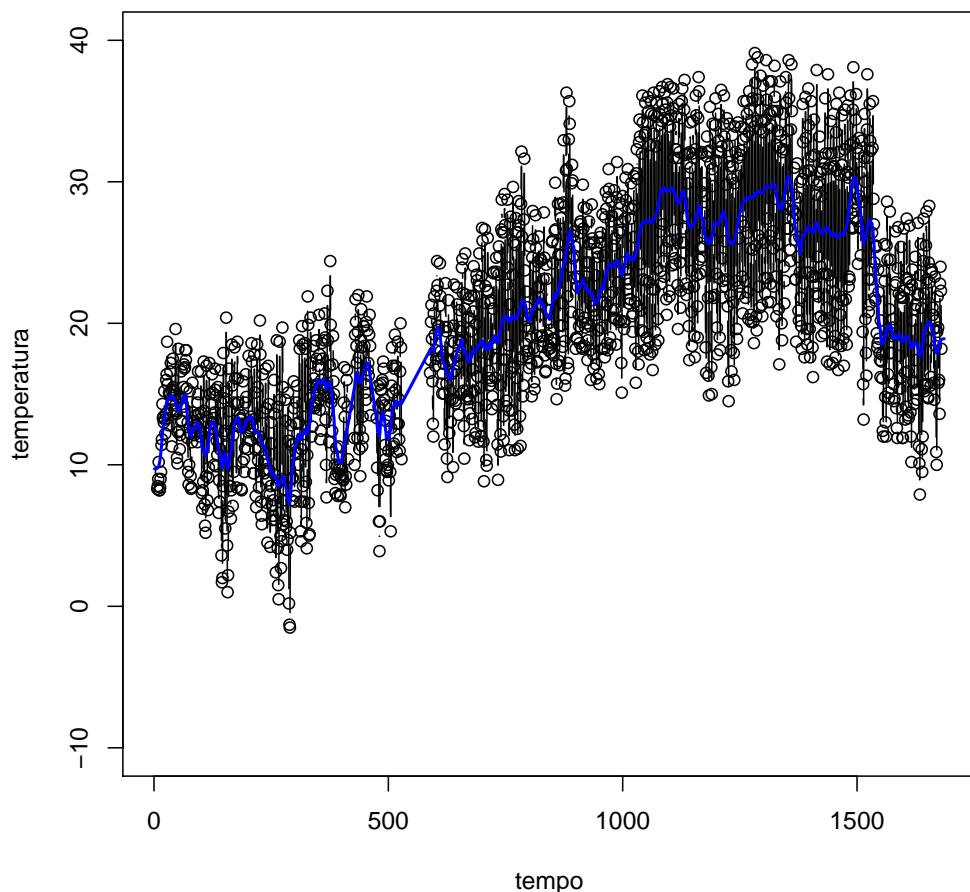


Figura 189: Smoother di Kalman - Tesi 4, Vigna 2

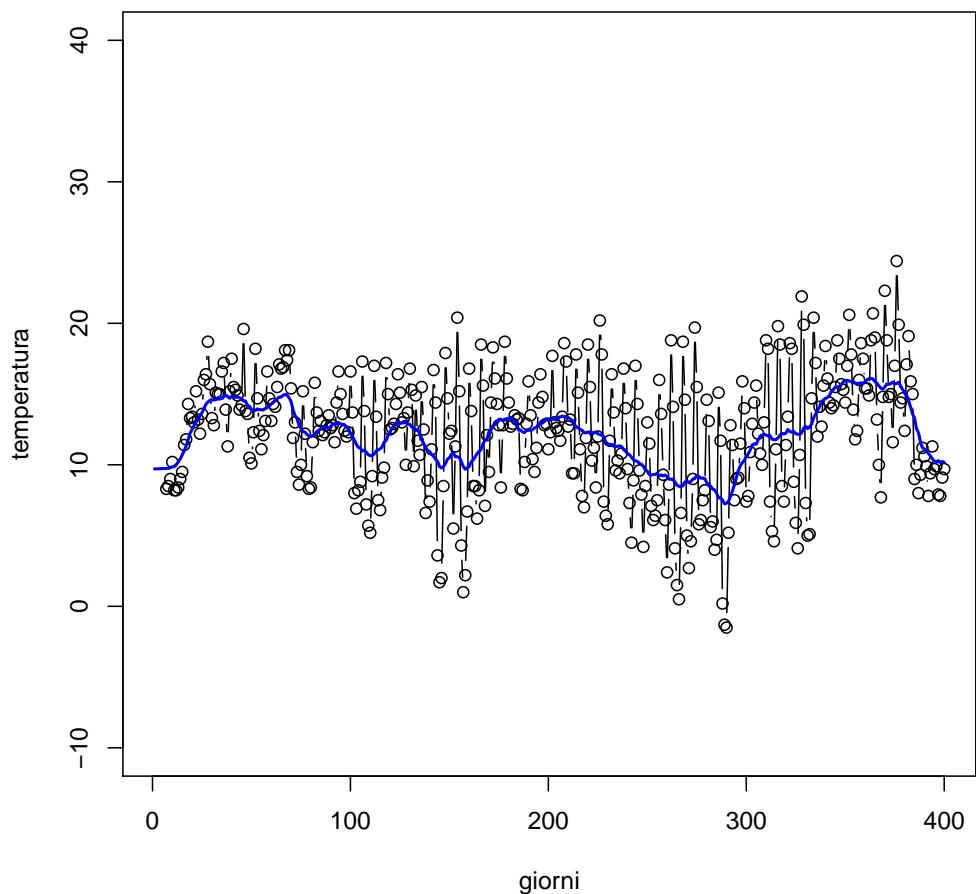


Figura 190: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 2

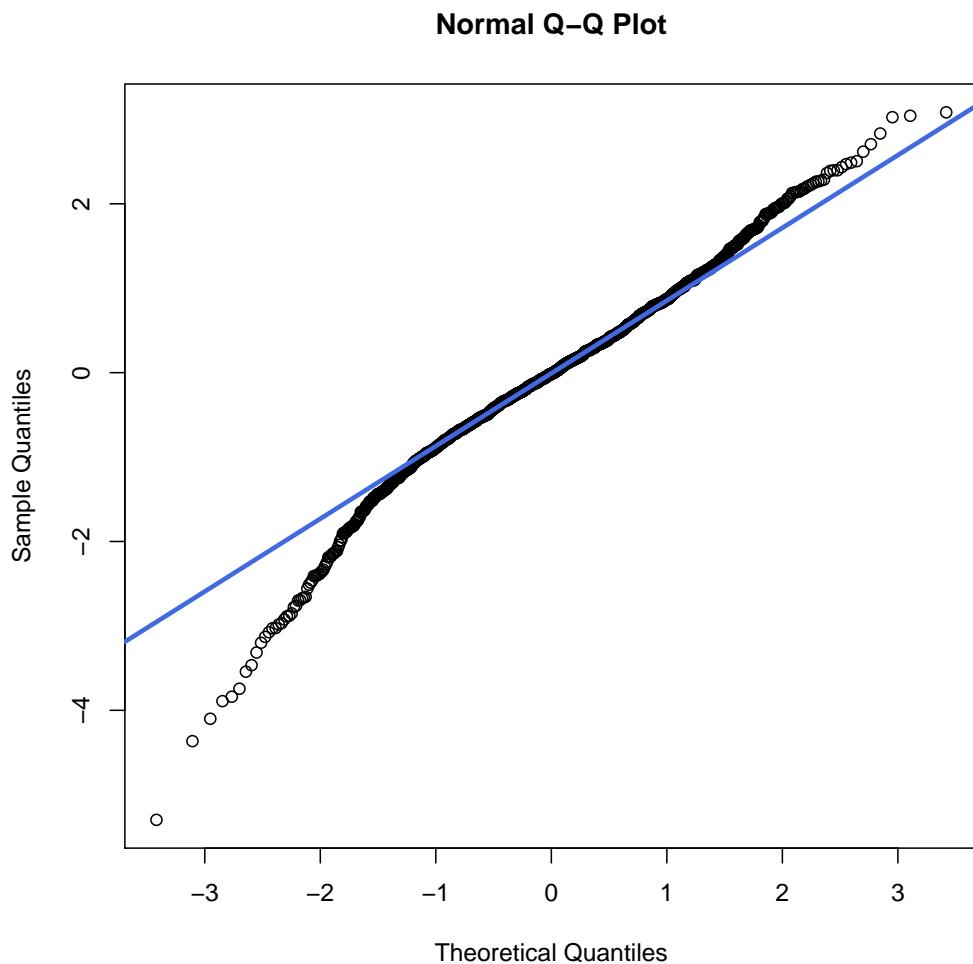


Figura 191: Q-Qplot - Tesi 4, Vigna 2

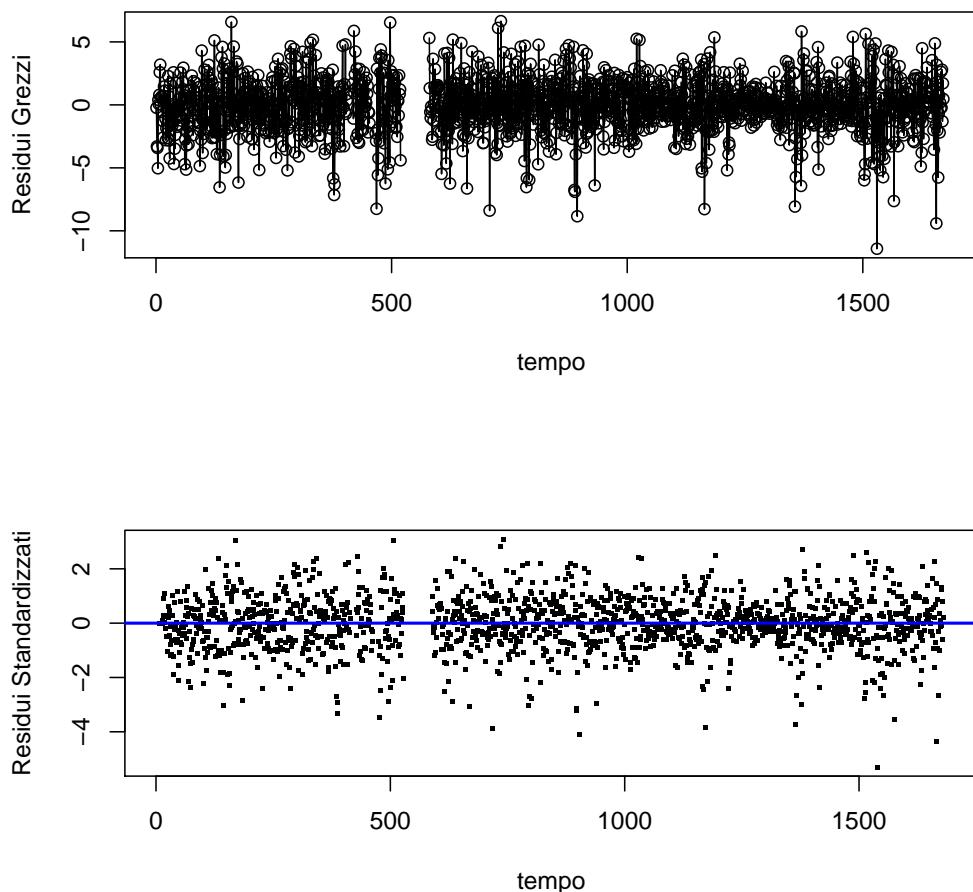


Figura 192: Analisi dei Residui - Tesi 4, Vigna 2

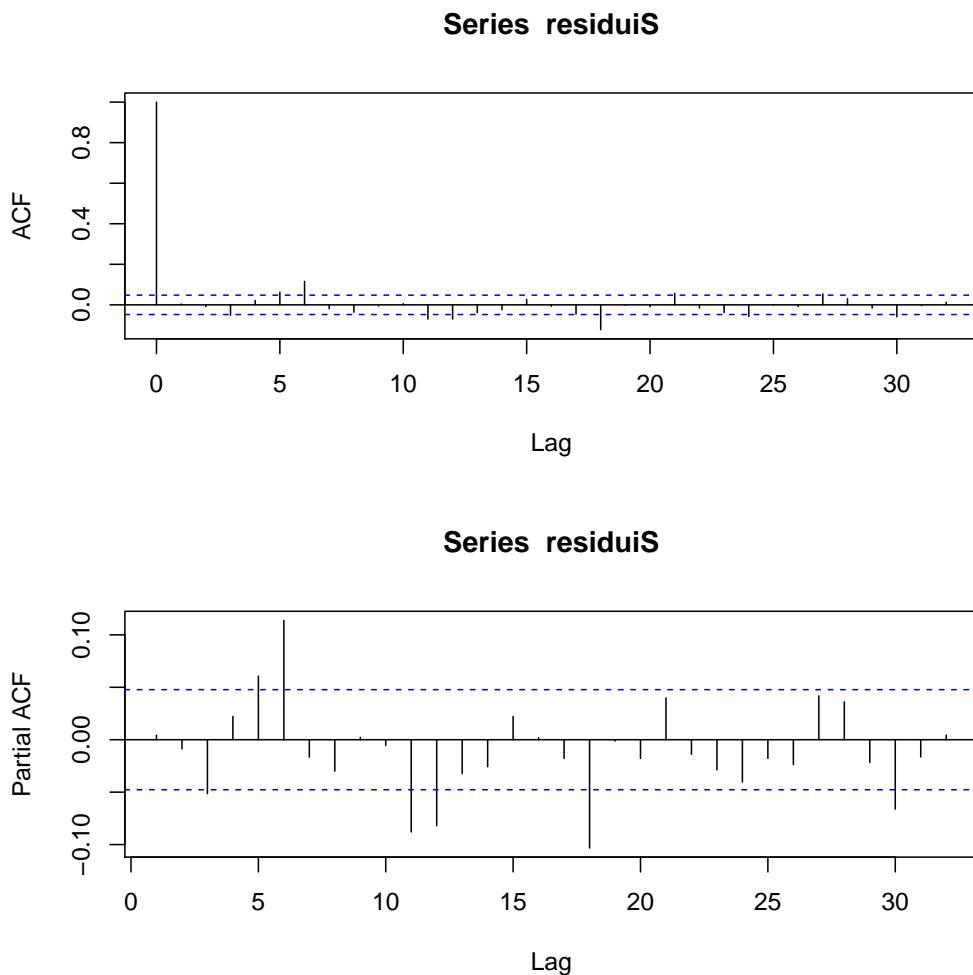


Figura 193: Grafici ACF e PACF - Tesi 4, Vigna 2

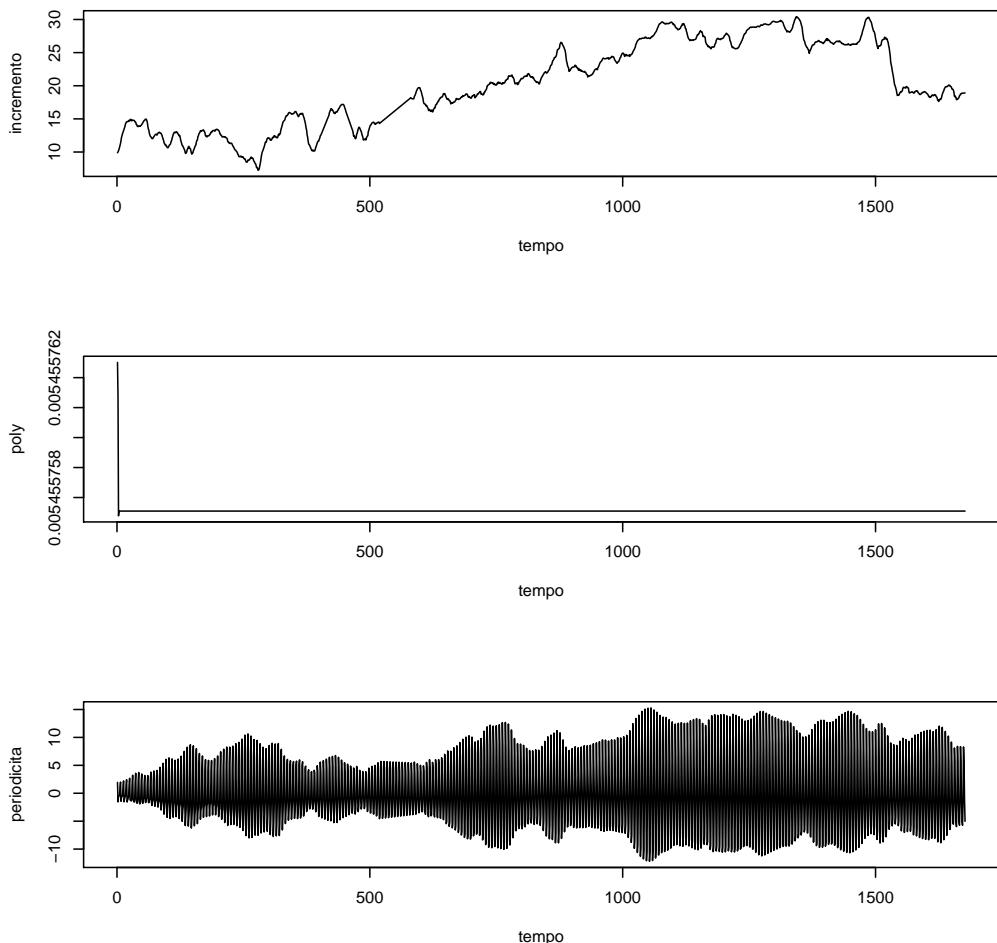


Figura 194: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 4, Vigna 2

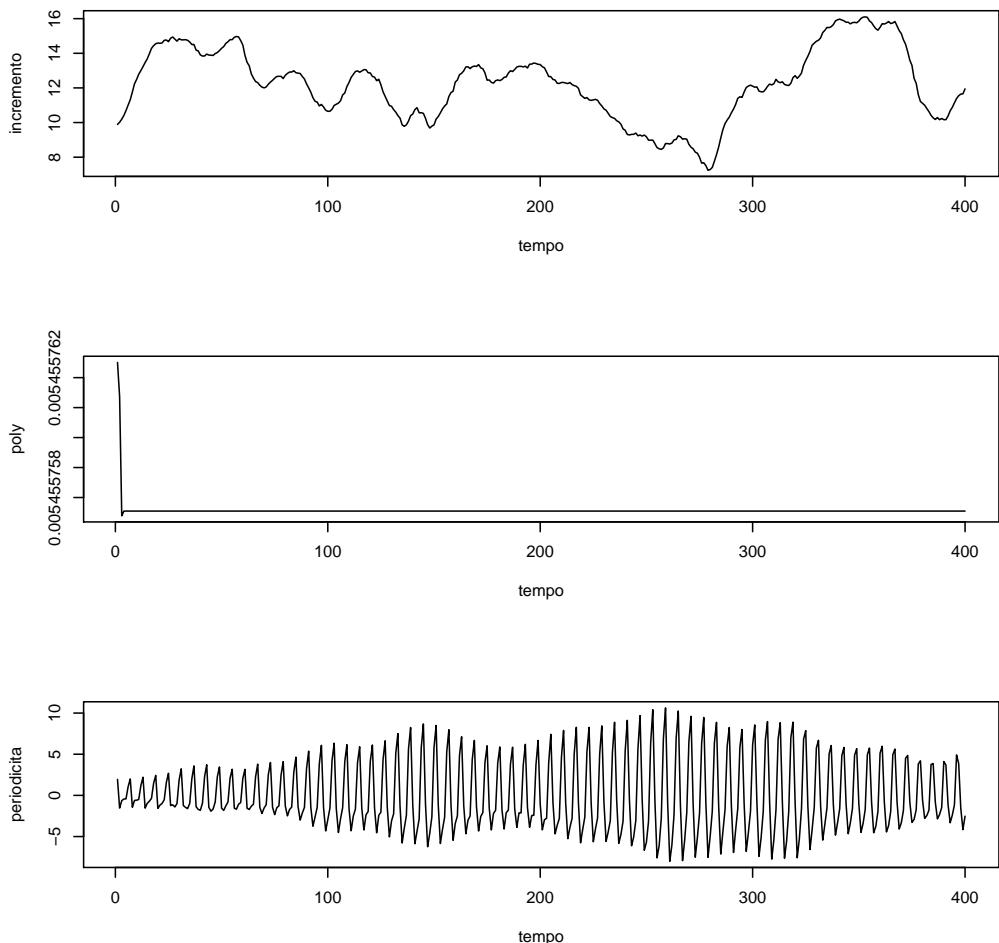


Figura 195: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 2

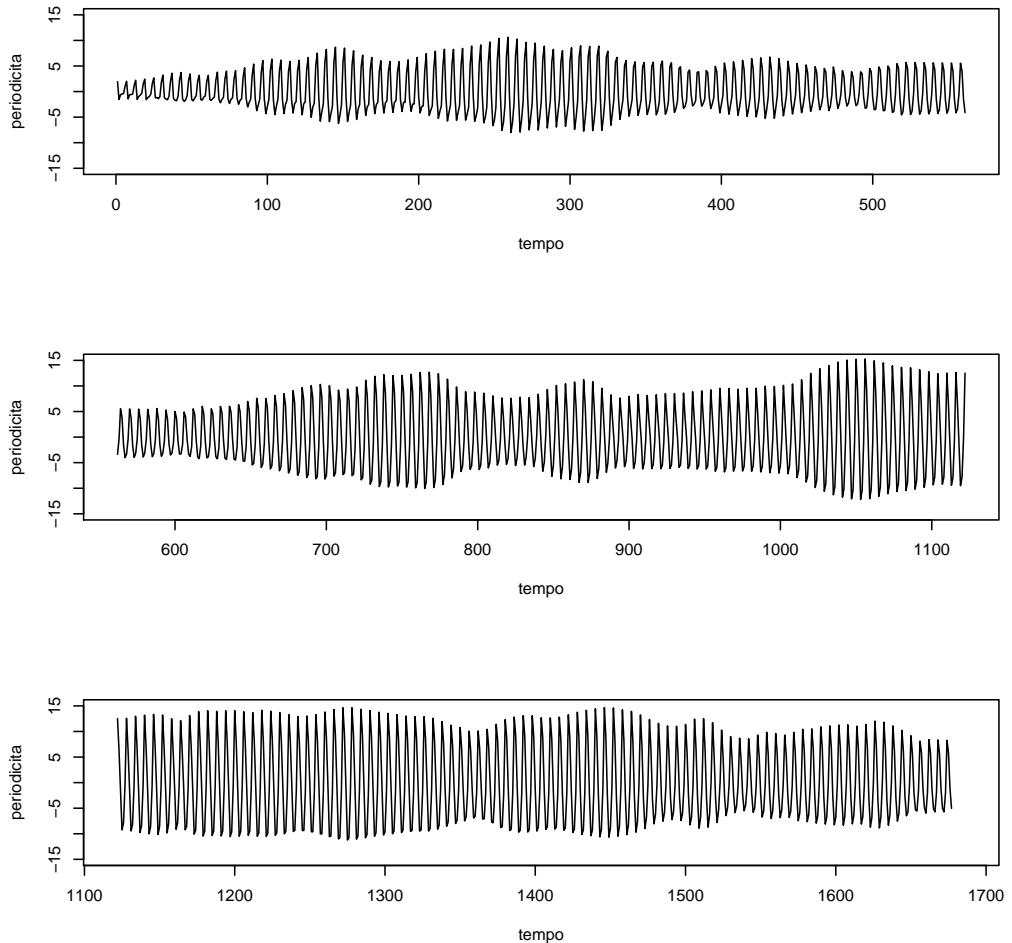


Figura 196: Componente Periodica - Tesi 4, Vigna 2

3.3.5 Slave Vigna 2 - Tesi 5

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

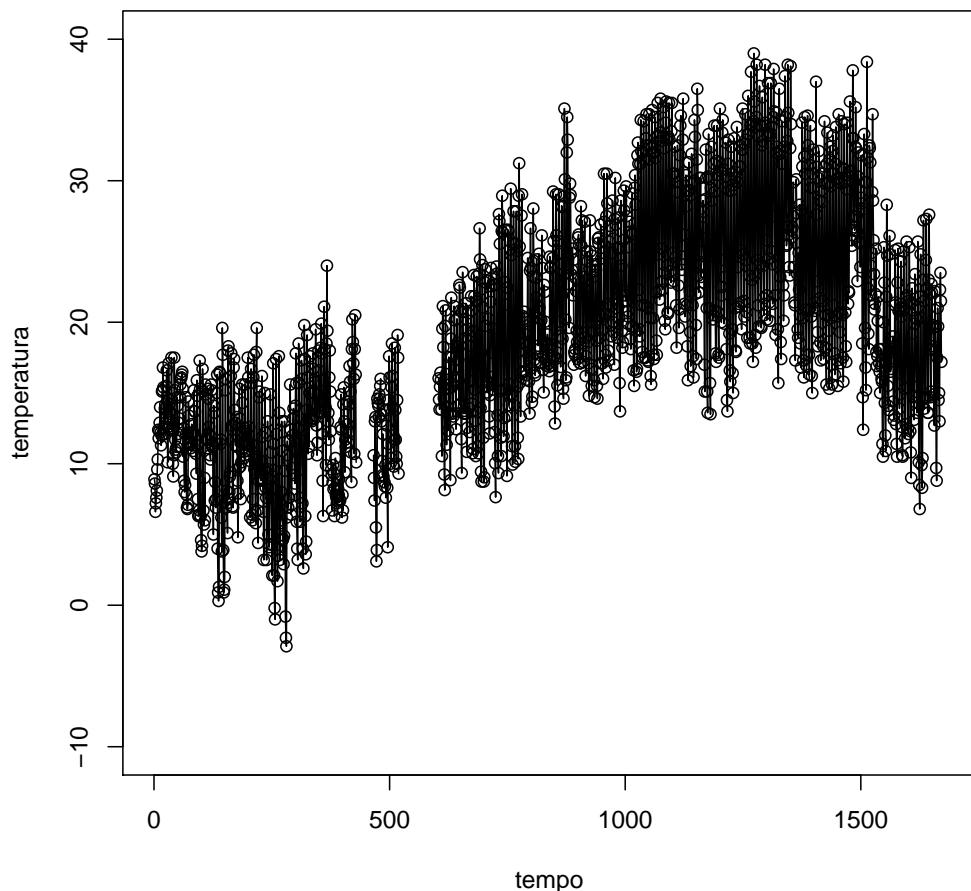


Figura 197: Dati Osservati - Tesi 5, Vigna 2

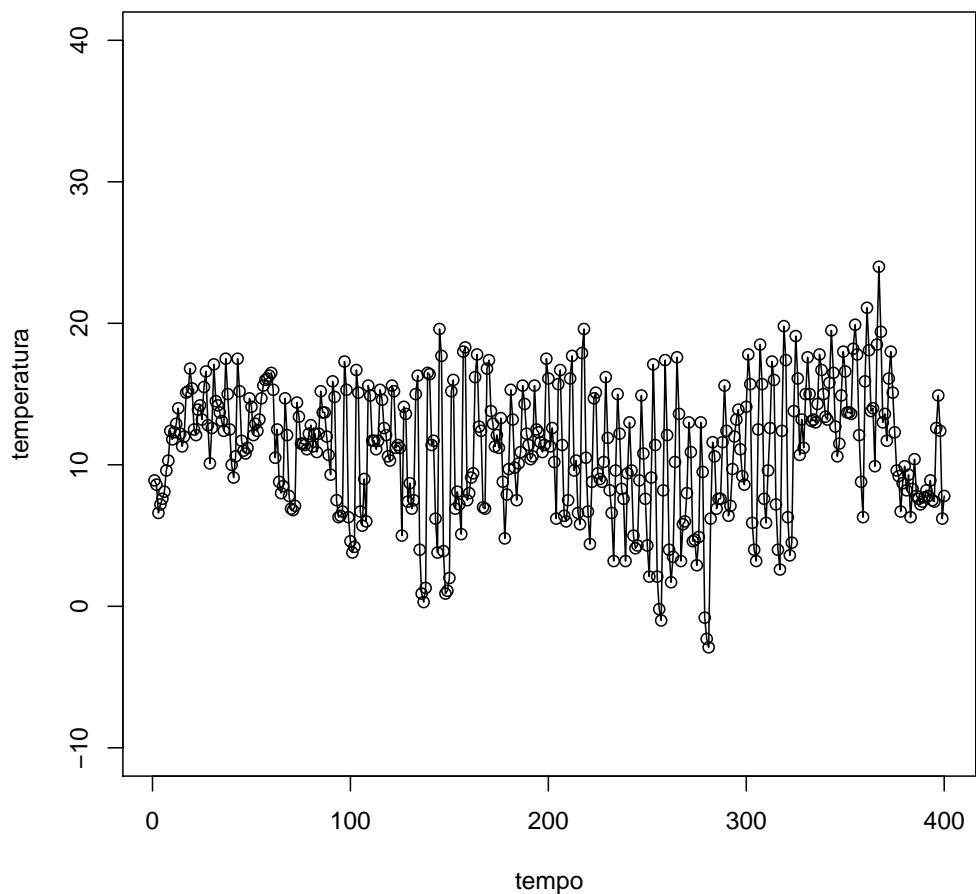


Figura 198: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 2

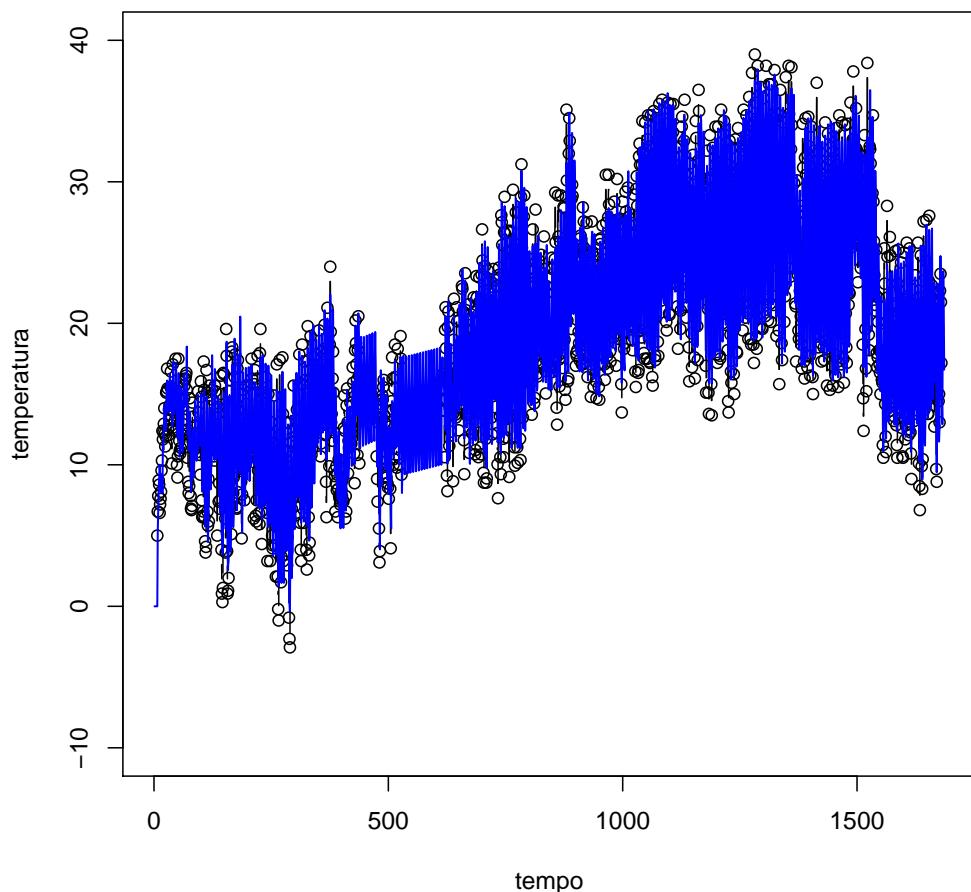


Figura 199: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 5, Vigna 2

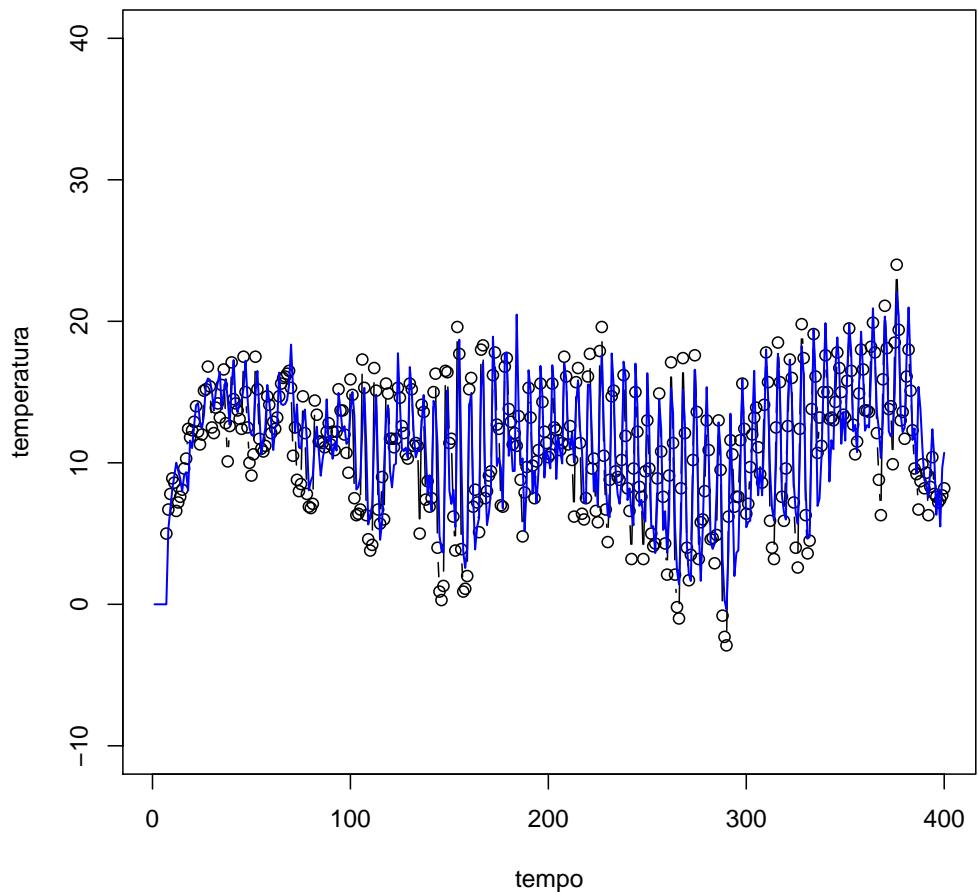


Figura 200: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 2

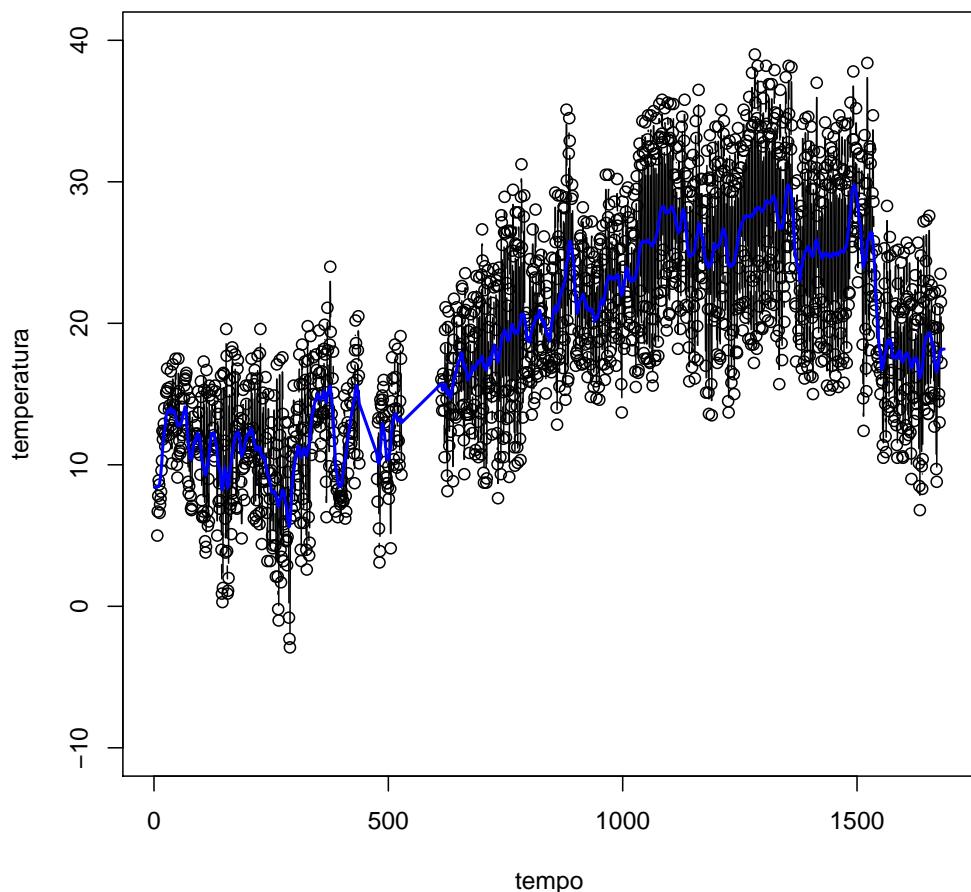


Figura 201: Smoother di Kalman - Tesi 5, Vigna 2

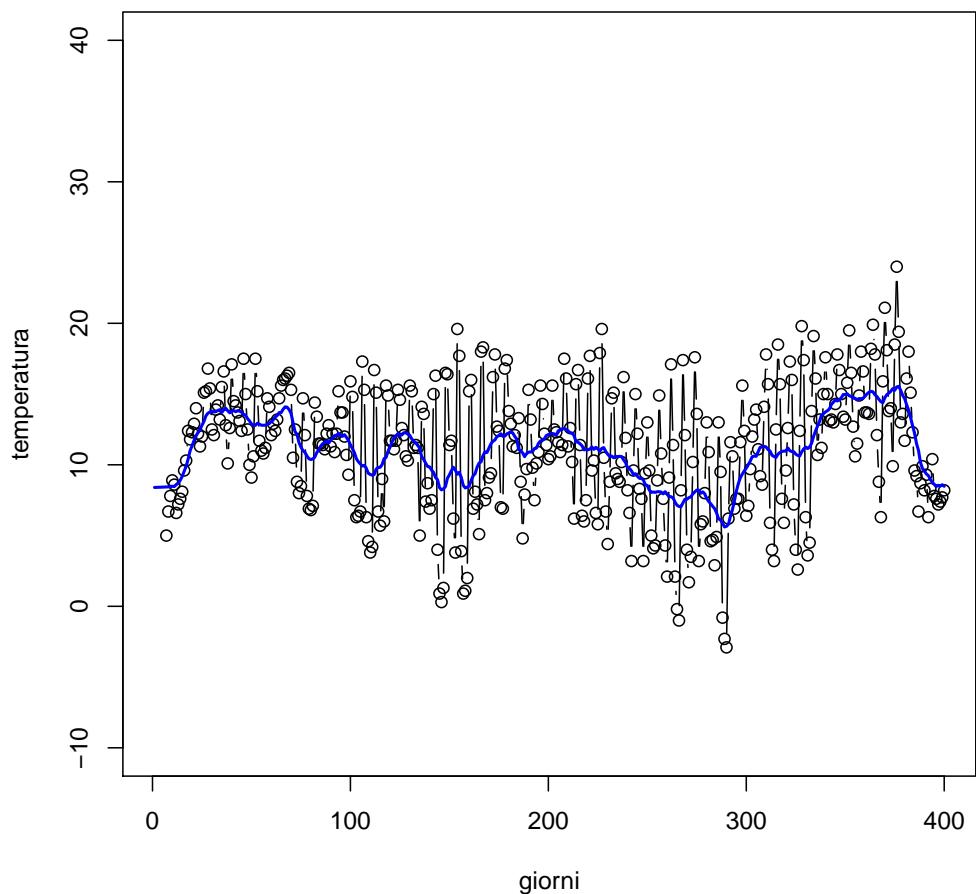


Figura 202: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 2

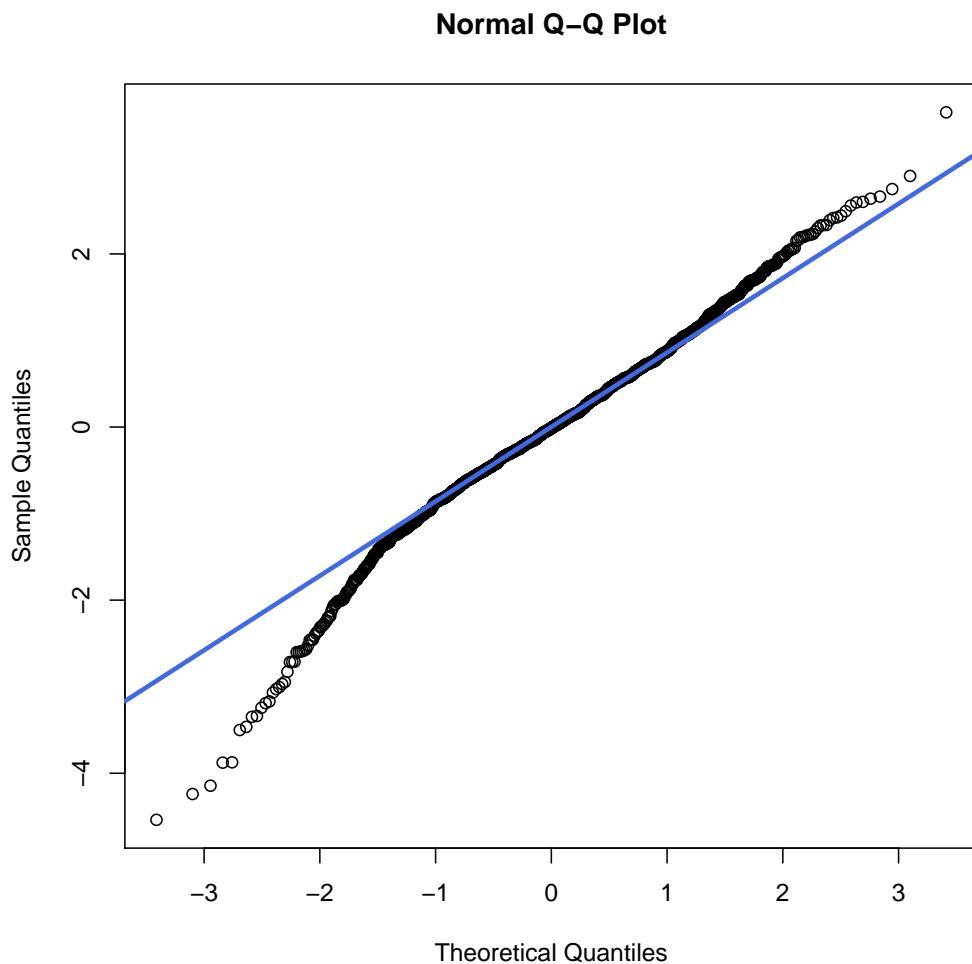


Figura 203: Q-Qplot - Tesi 5, Vigna 2

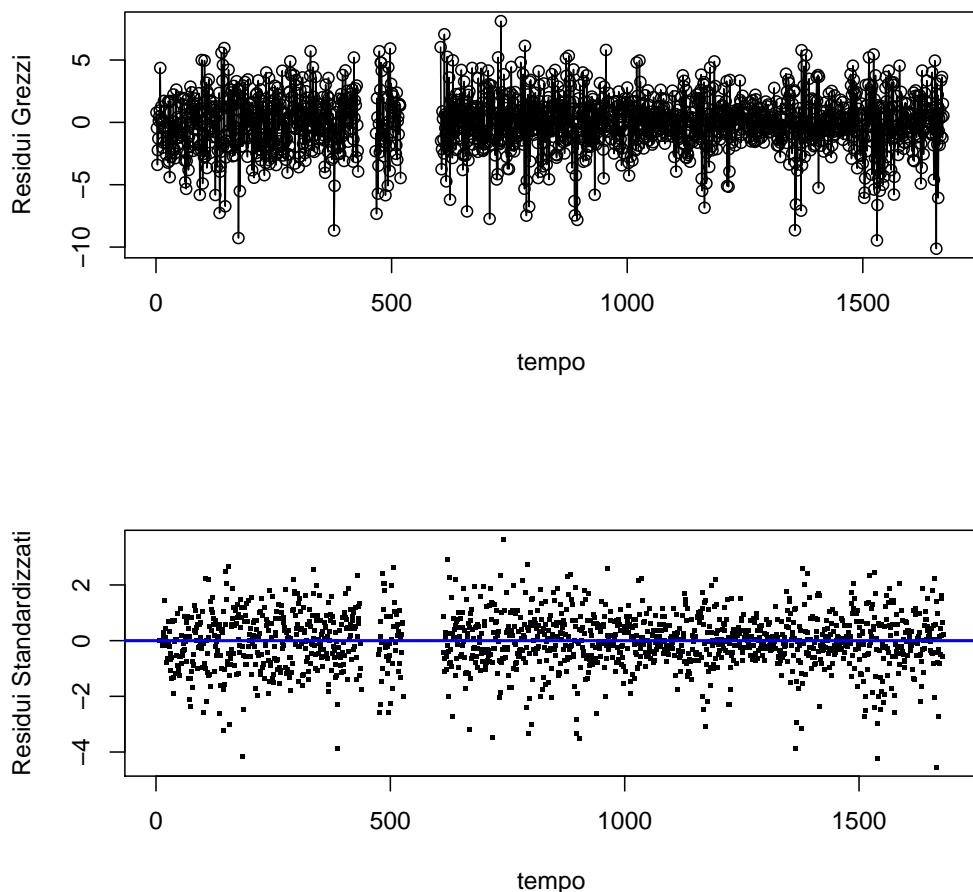


Figura 204: Analisi dei Residui - Tesi 5, Vigna 2

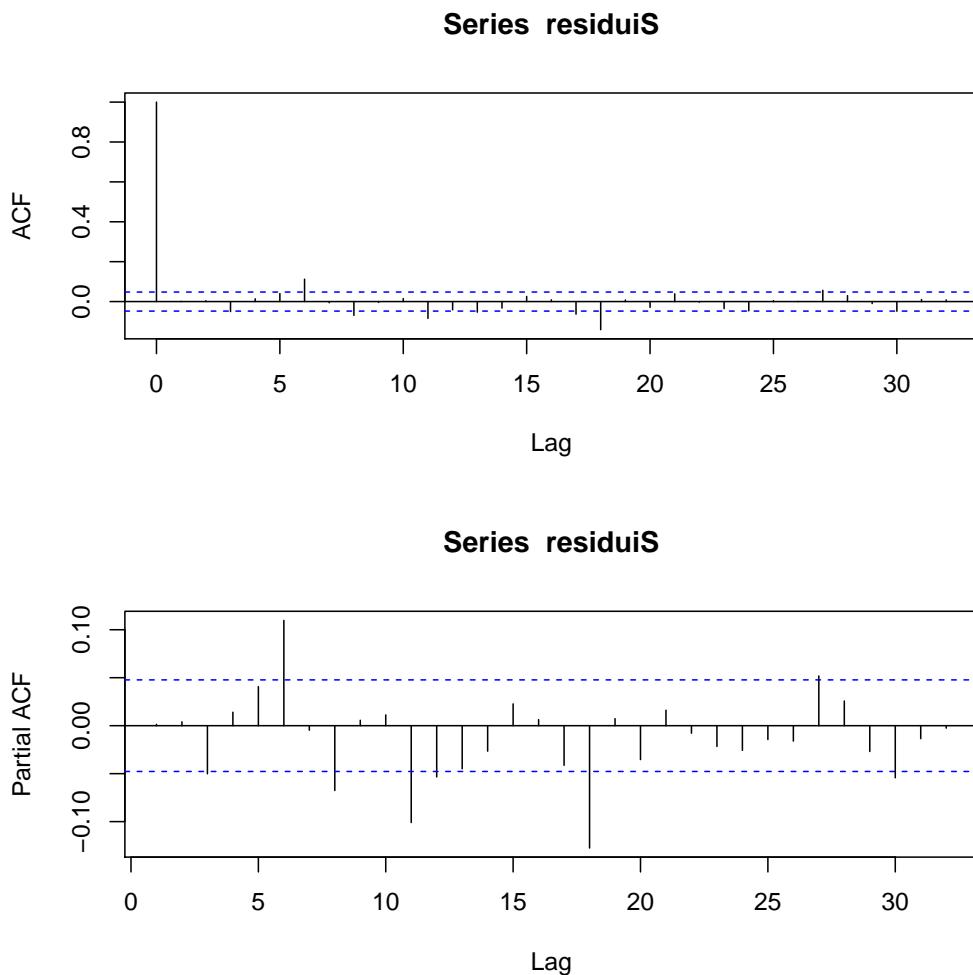


Figura 205: Grafici ACF e PACF - Tesi 5, Vigna 2

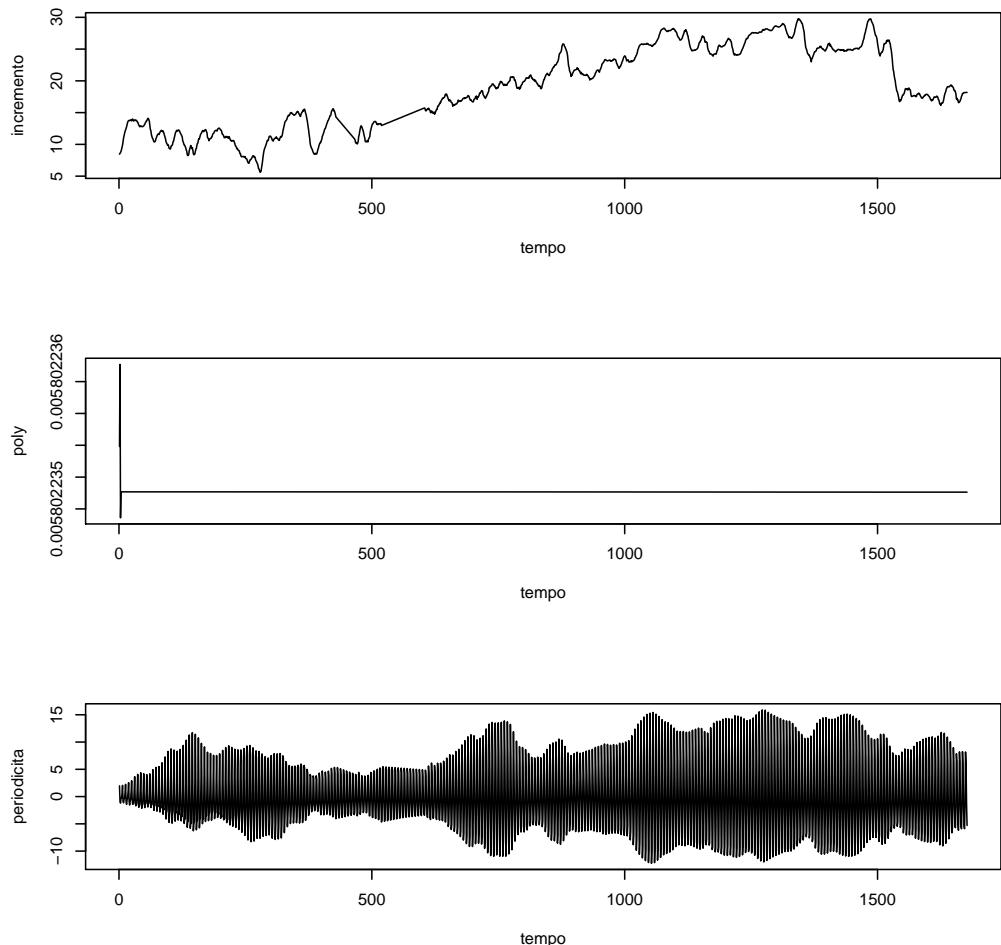


Figura 206: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 5, Vigna 2

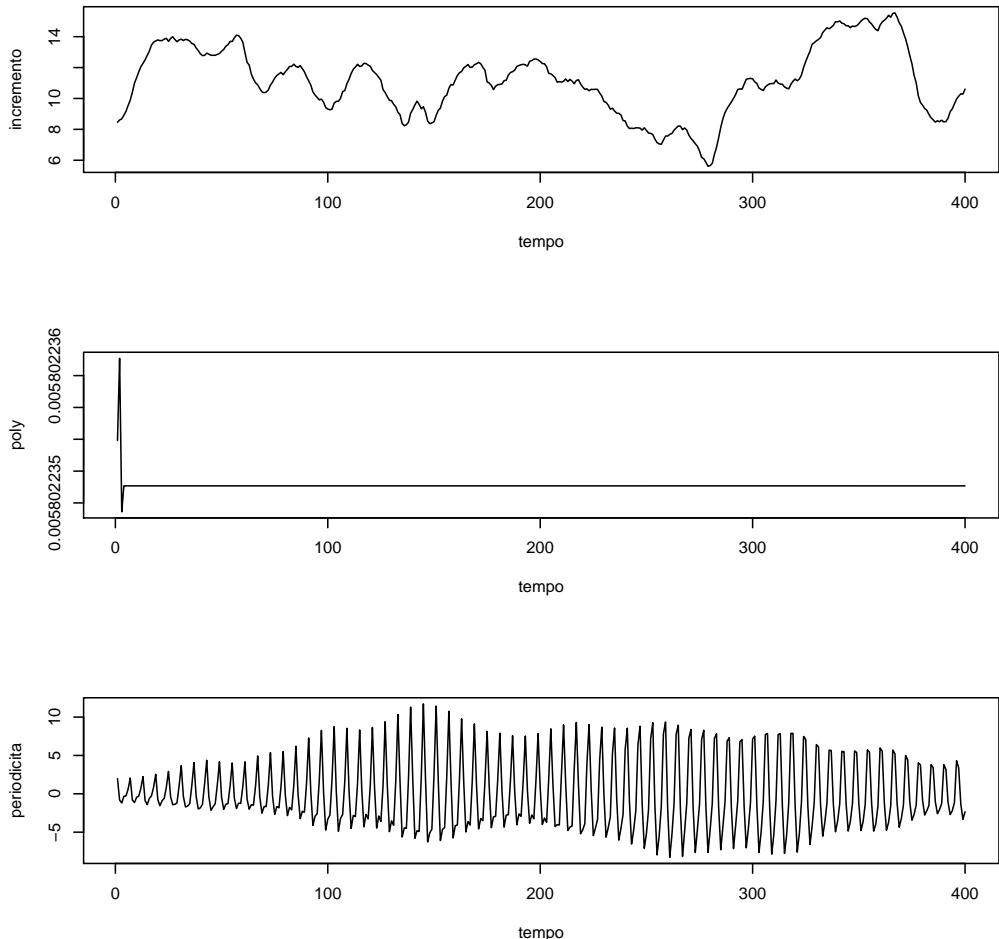


Figura 207: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 2

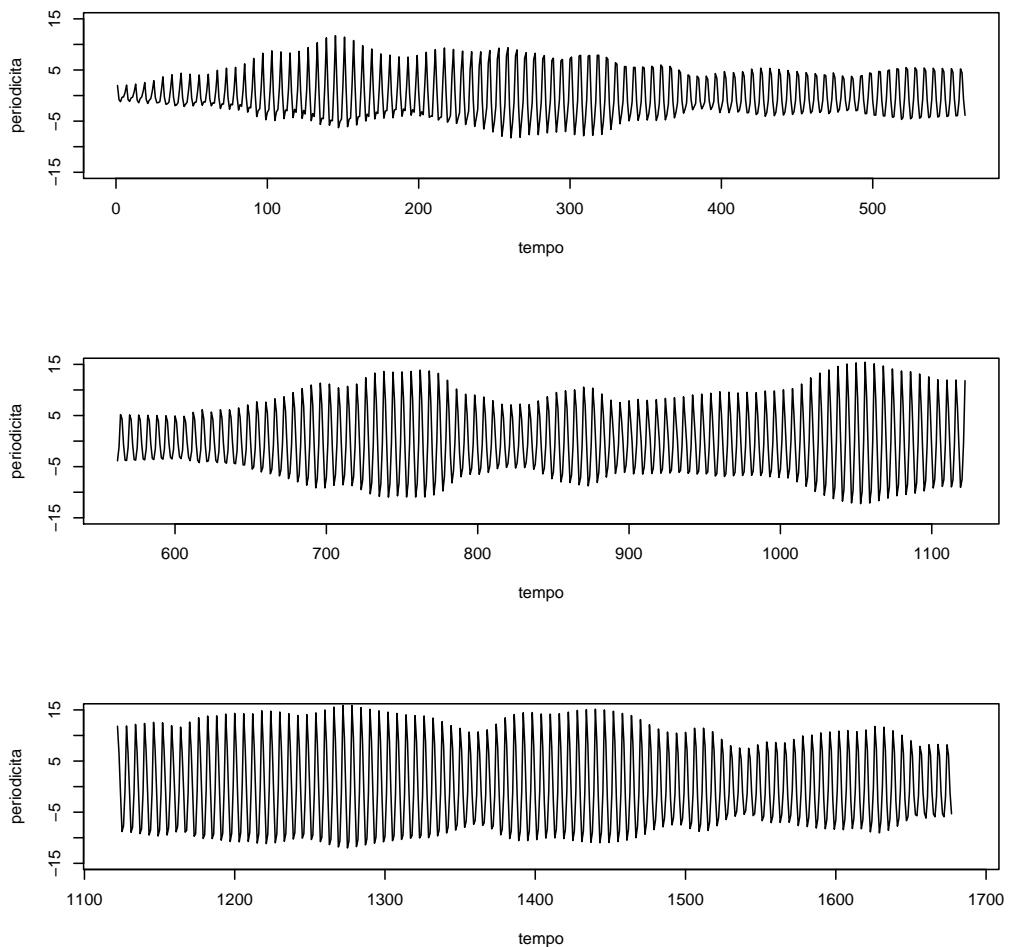


Figura 208: Componente Periodica - Tesi 5, Vigna 2

3.3.6 Slave Vigna 2 - Tesi 6

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

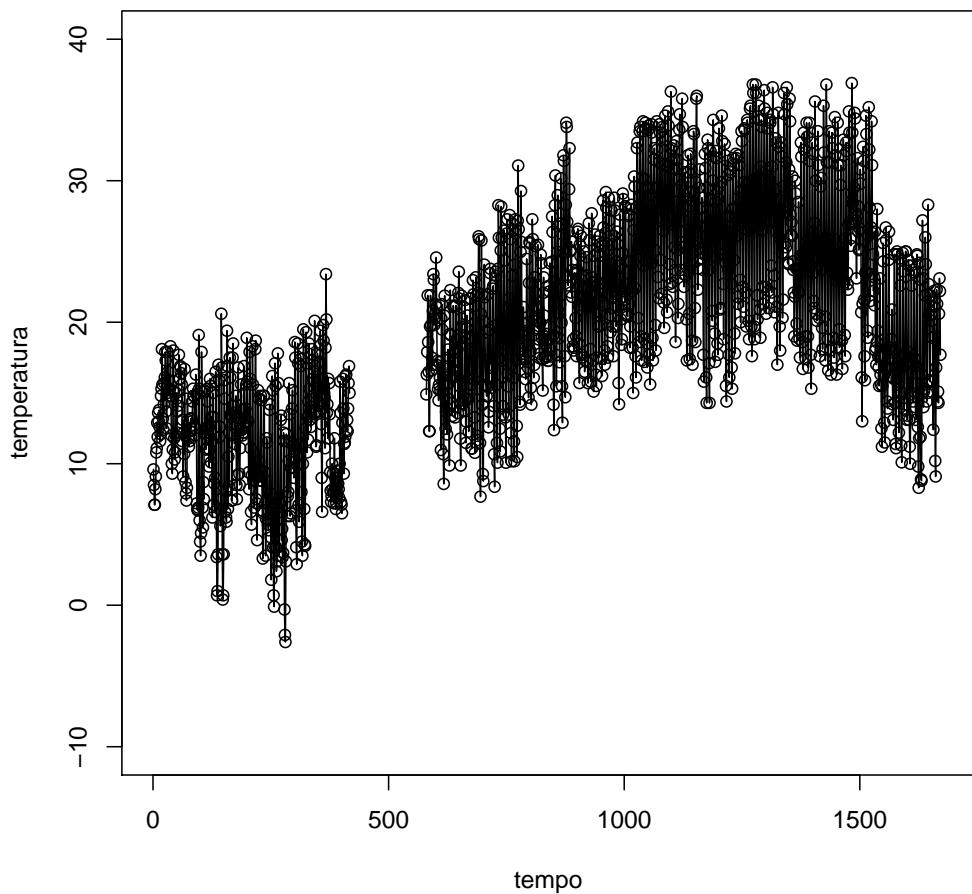


Figura 209: Dati Osservati - Tesi 6, Vigna 2

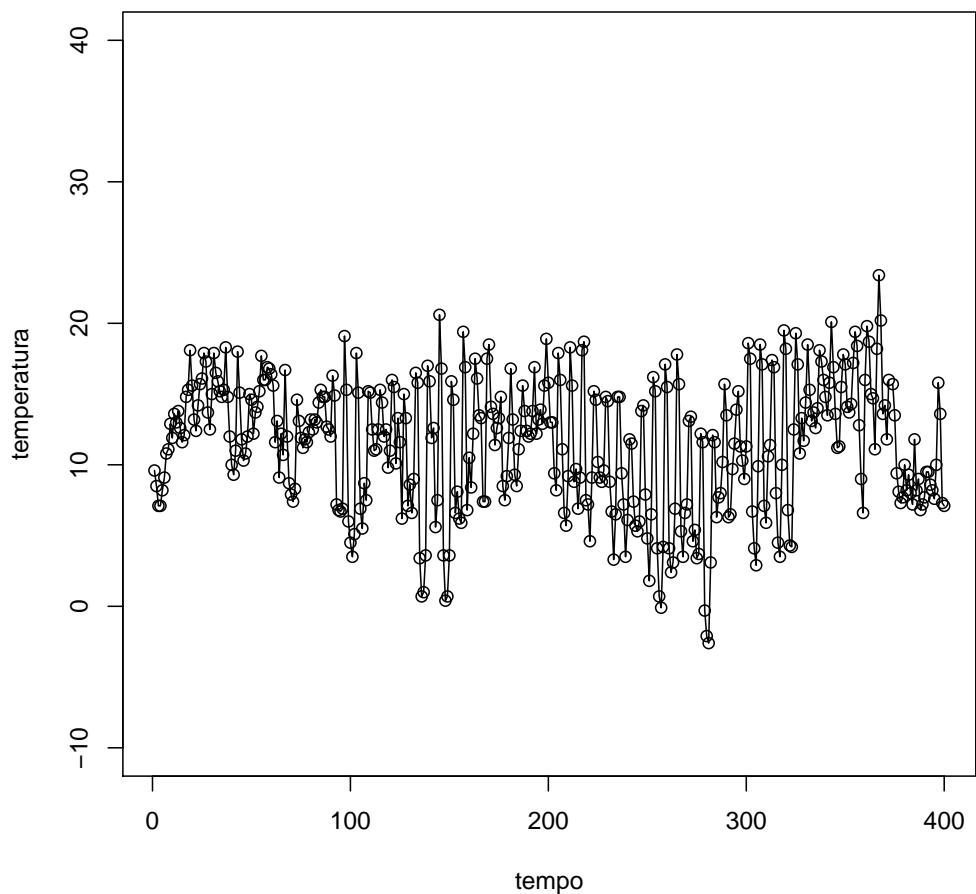


Figura 210: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 2

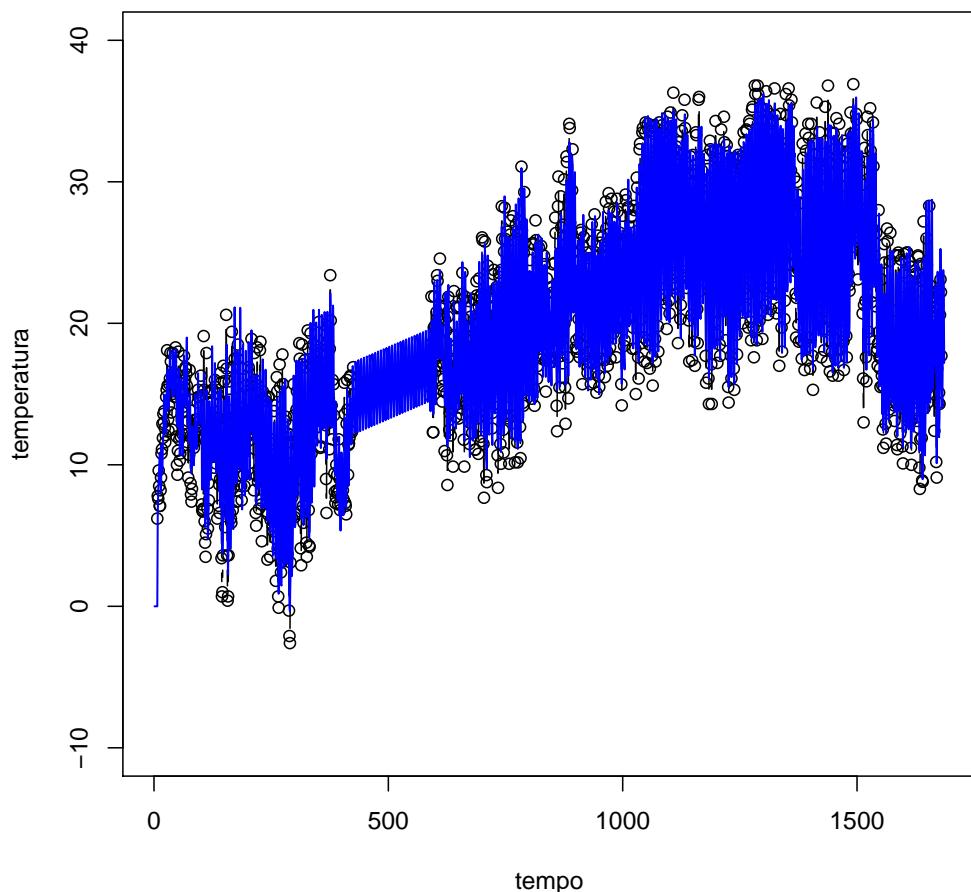


Figura 211: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 6, Vigna 2

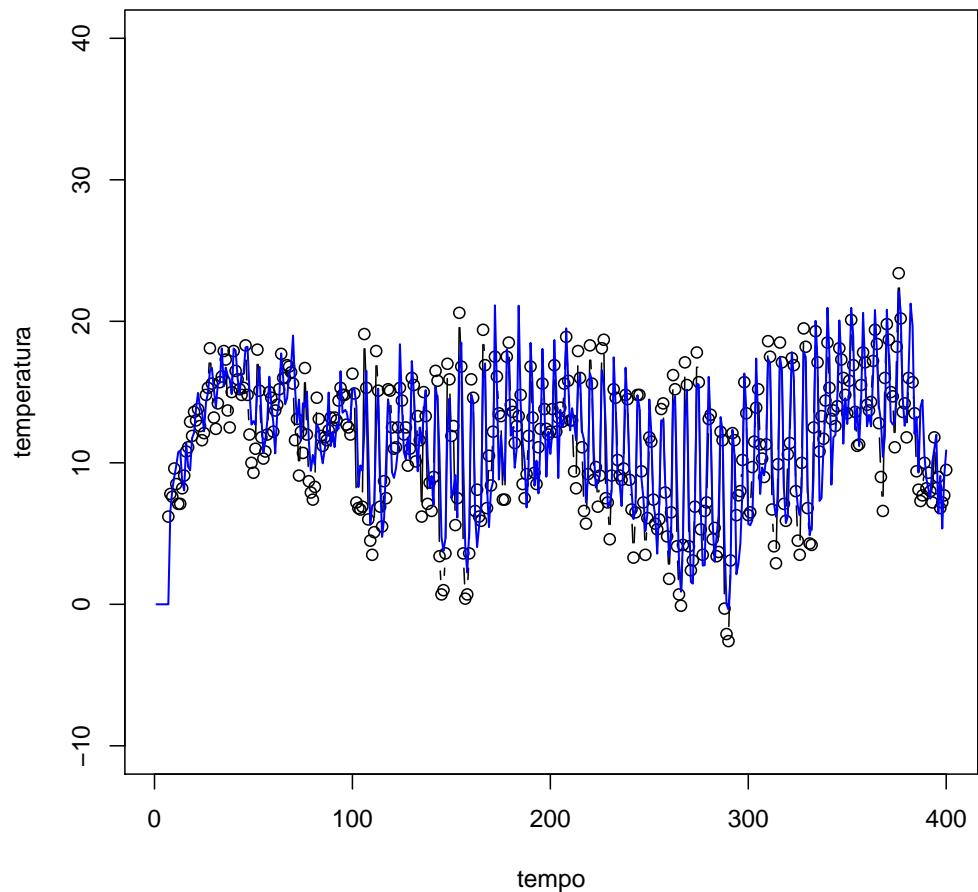


Figura 212: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 2

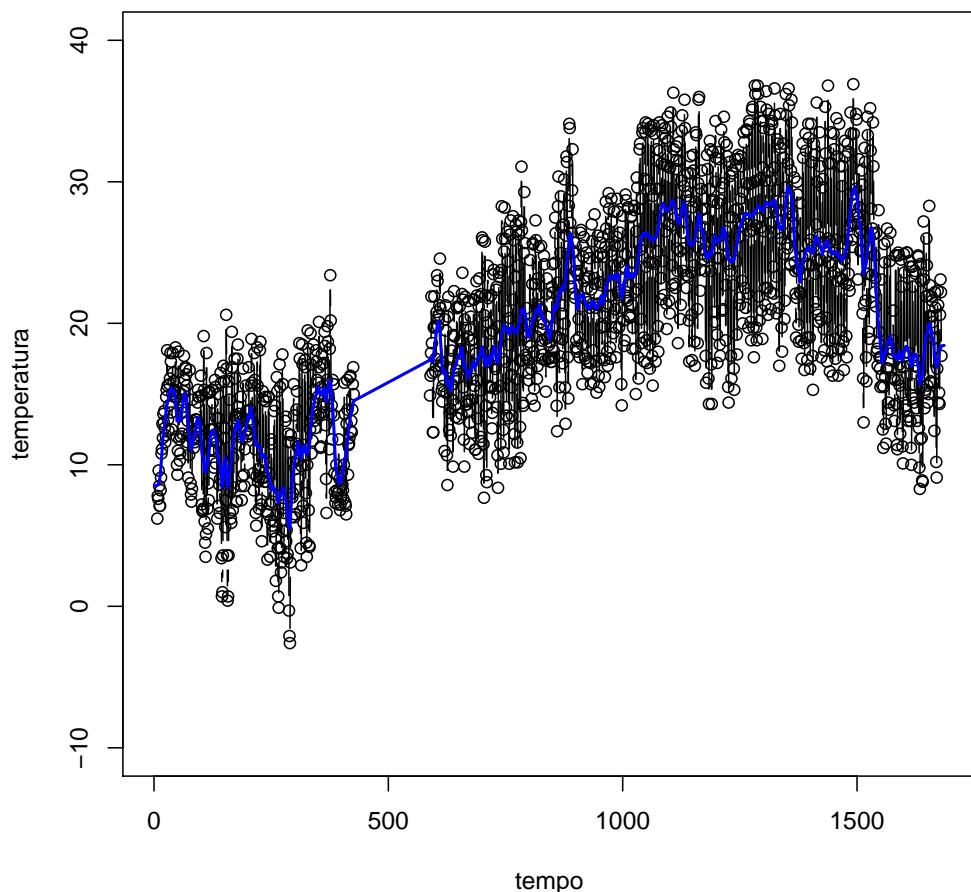


Figura 213: Smoother di Kalman - Tesi 6, Vigna 2

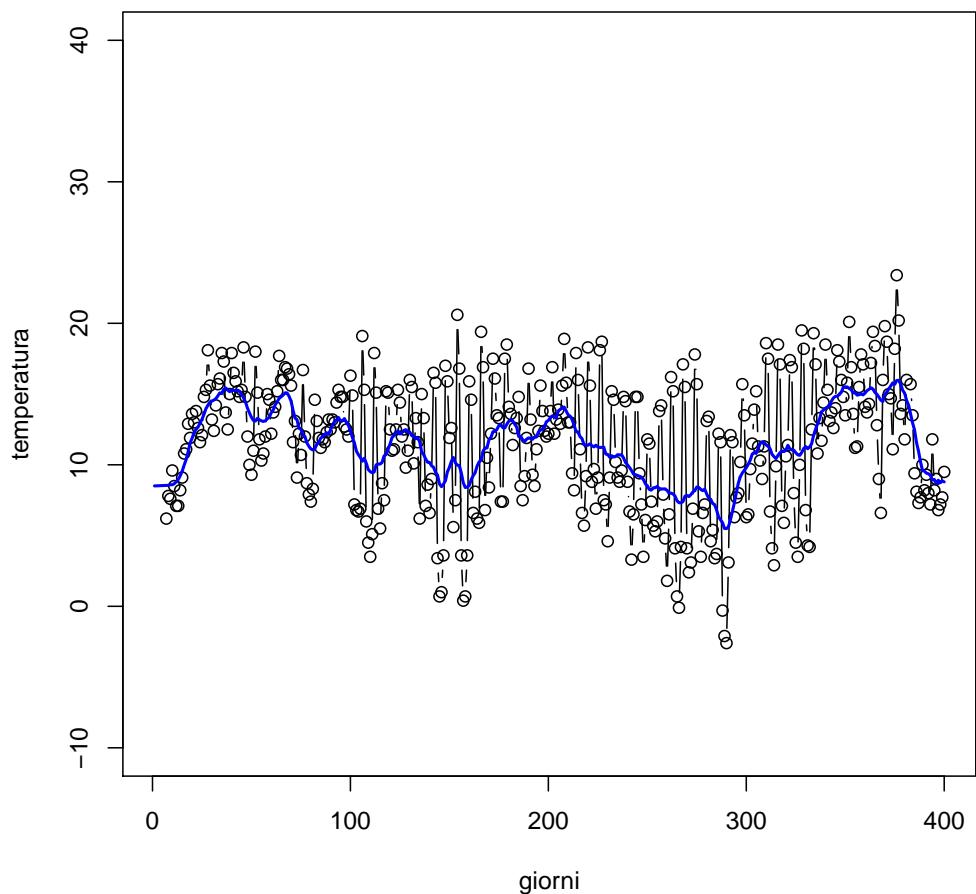


Figura 214: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 2

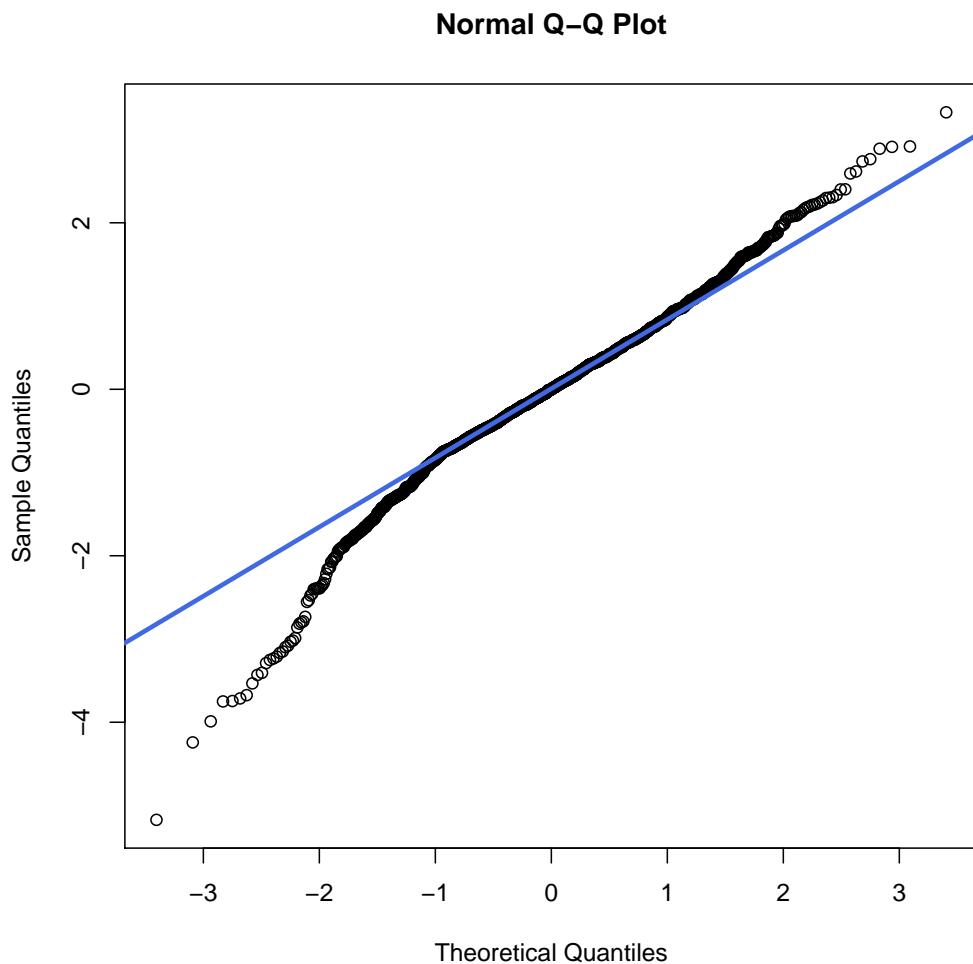


Figura 215: Q-Qplot - Tesi 6, Vigna 2

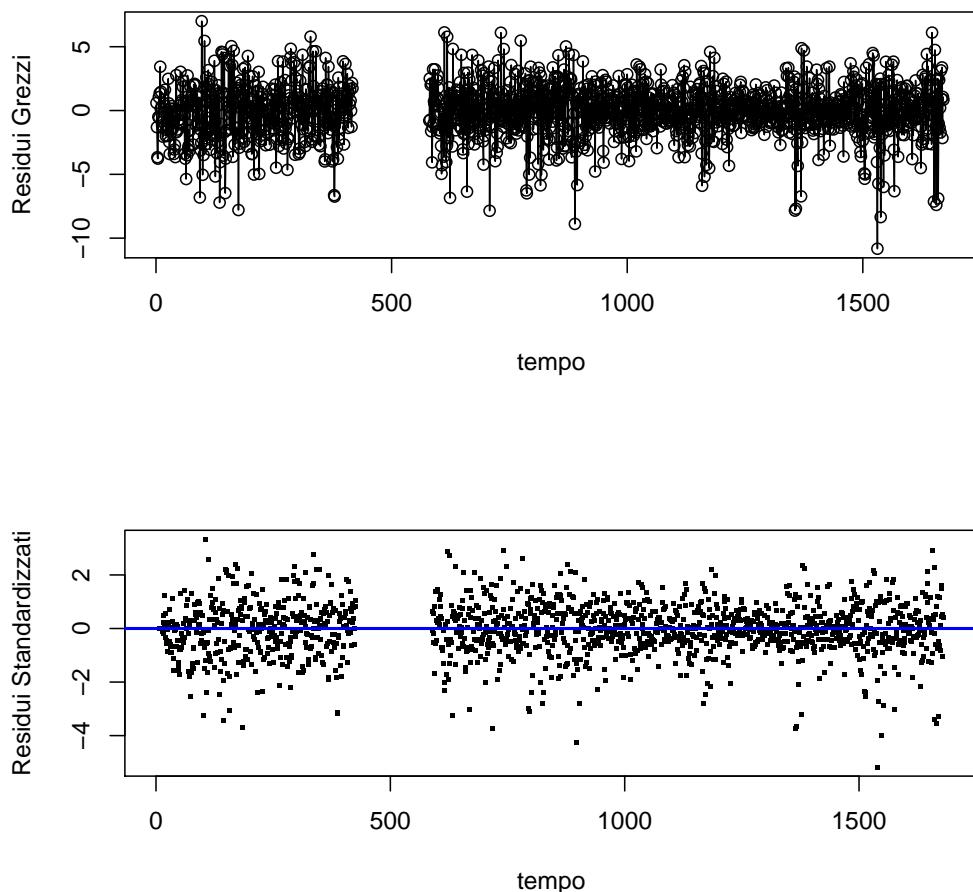


Figura 216: Analisi dei Residui - Tesi 6, Vigna 2

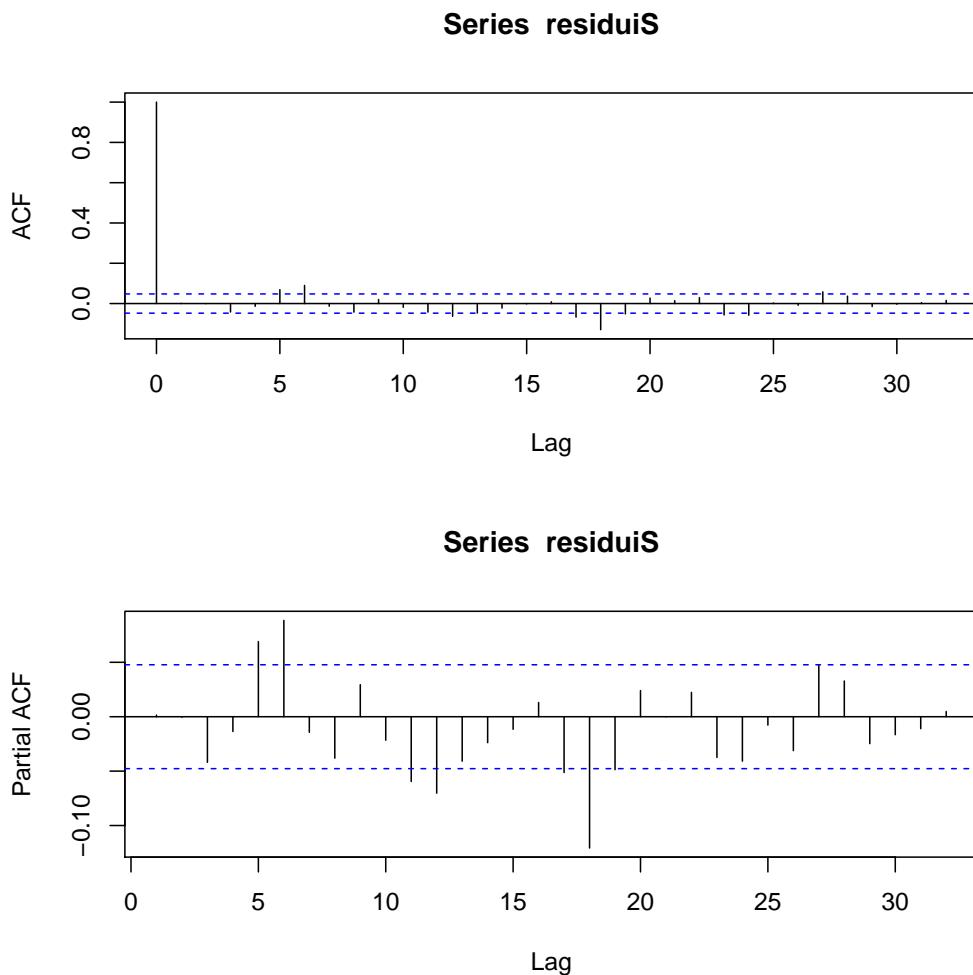


Figura 217: Grafici ACF e PACF - Tesi 6, Vigna 2

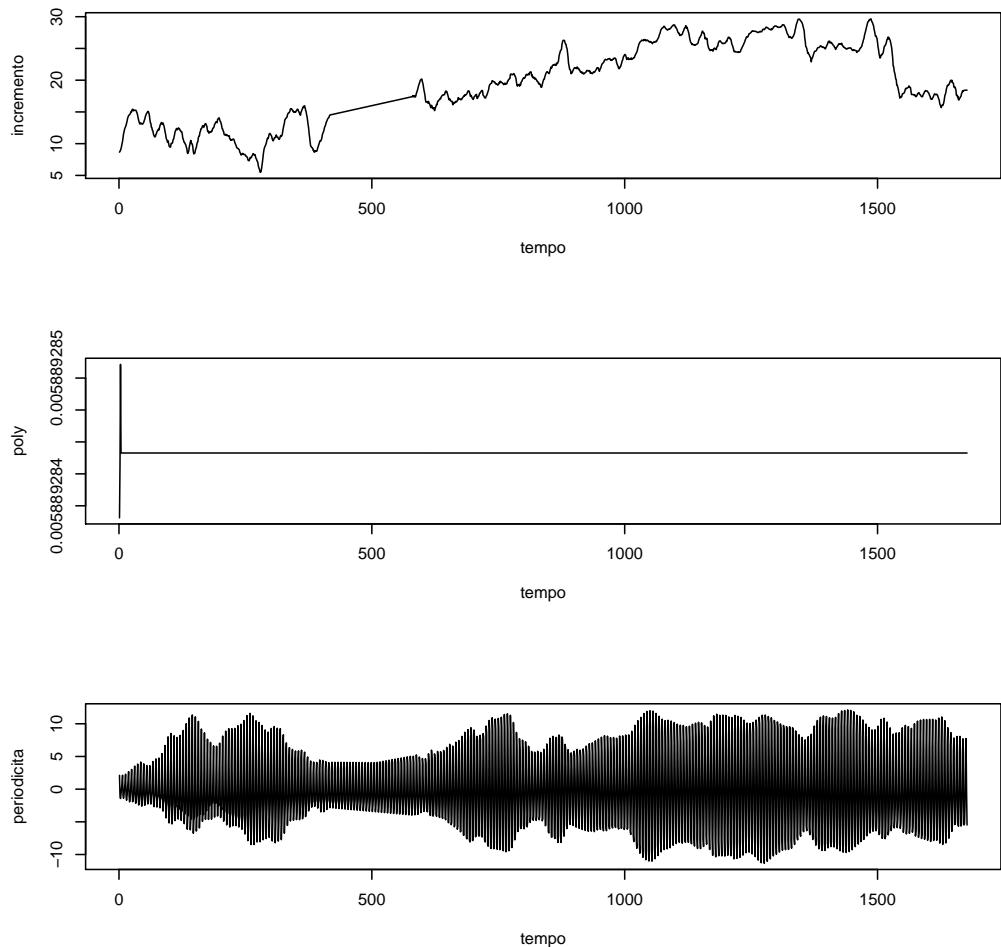


Figura 218: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 6, Vigna 2

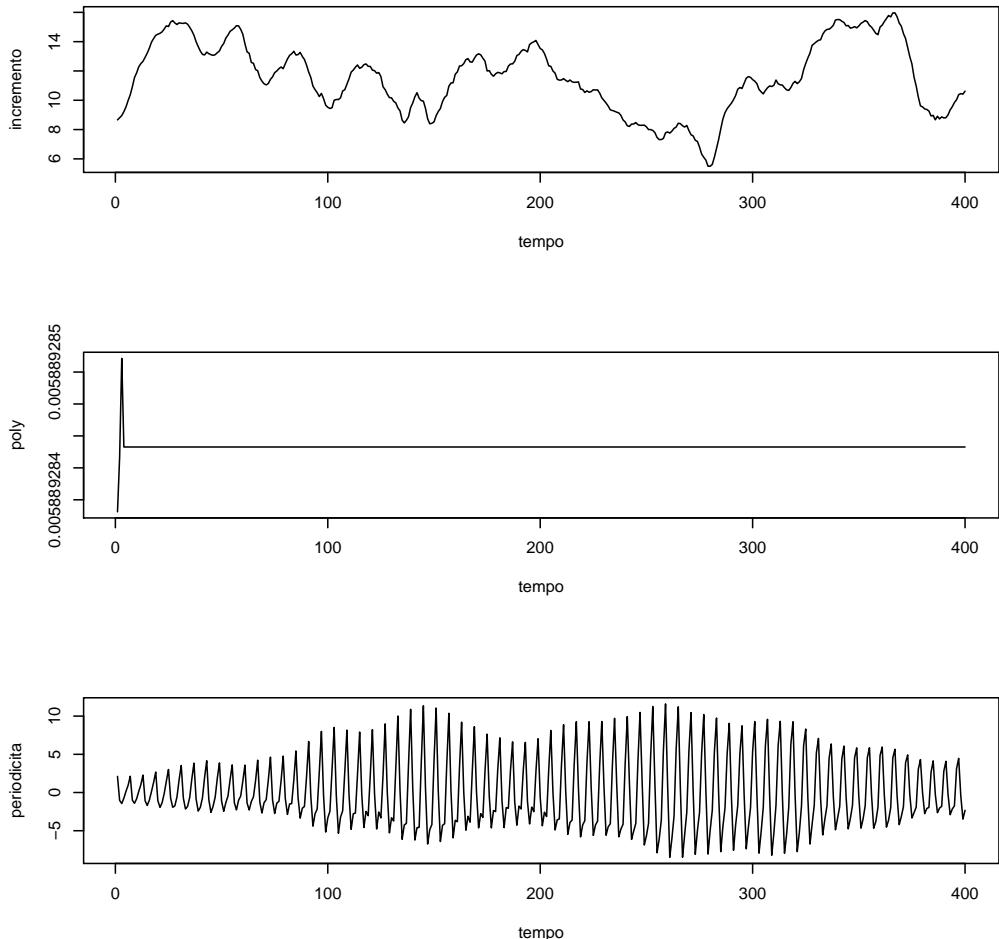


Figura 219: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 2

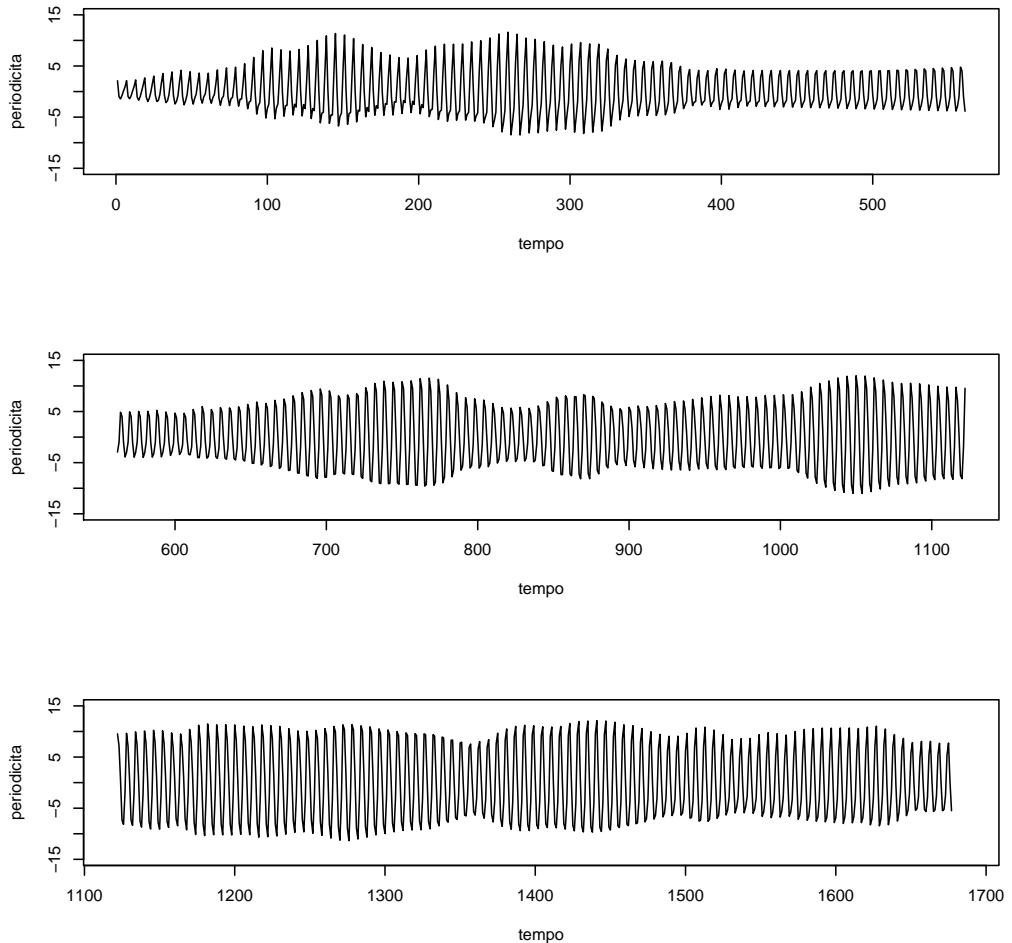


Figura 220: Componente Periodica - Tesi 6, Vigna 2

3.3.7 Slave Vigna 2 - Tesi 7

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 3.

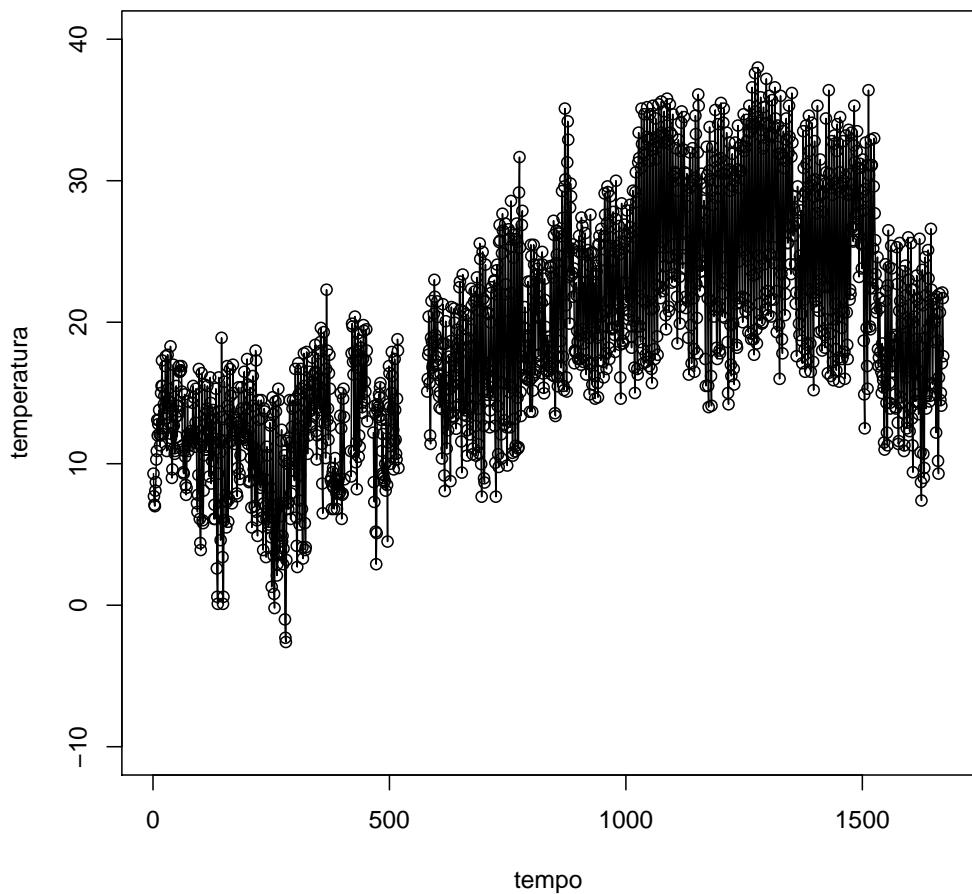


Figura 221: Dati Osservati - Tesi 7, Vigna 2

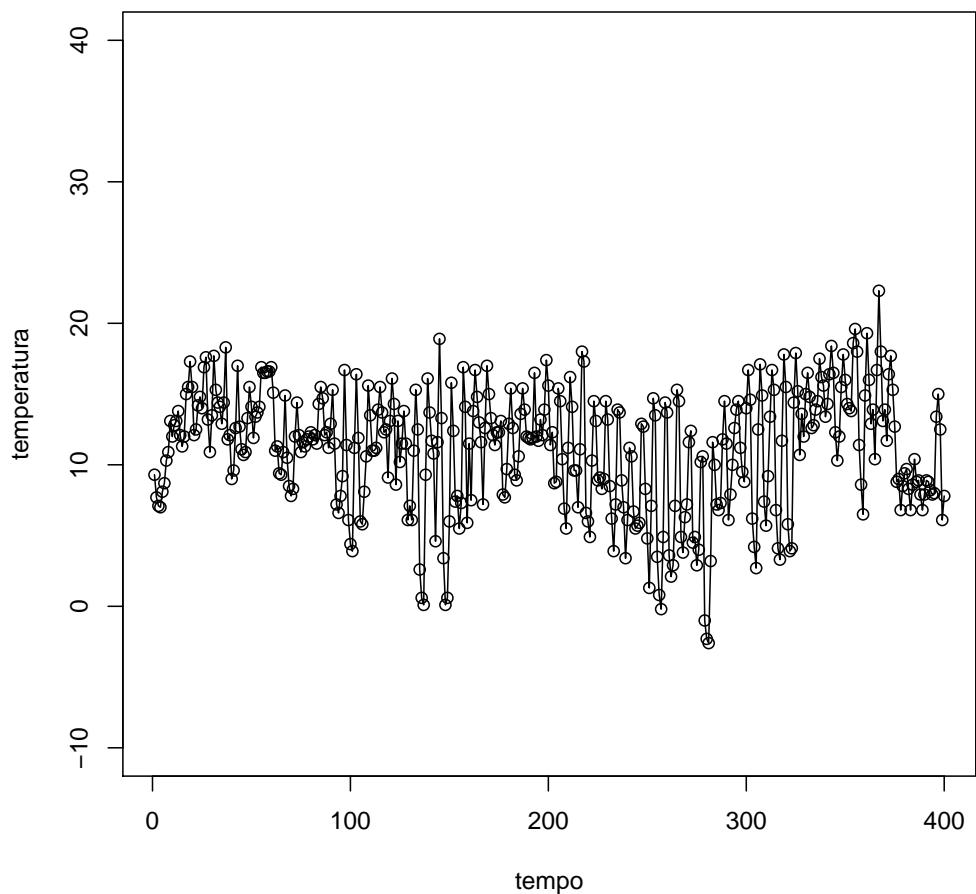


Figura 222: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 2

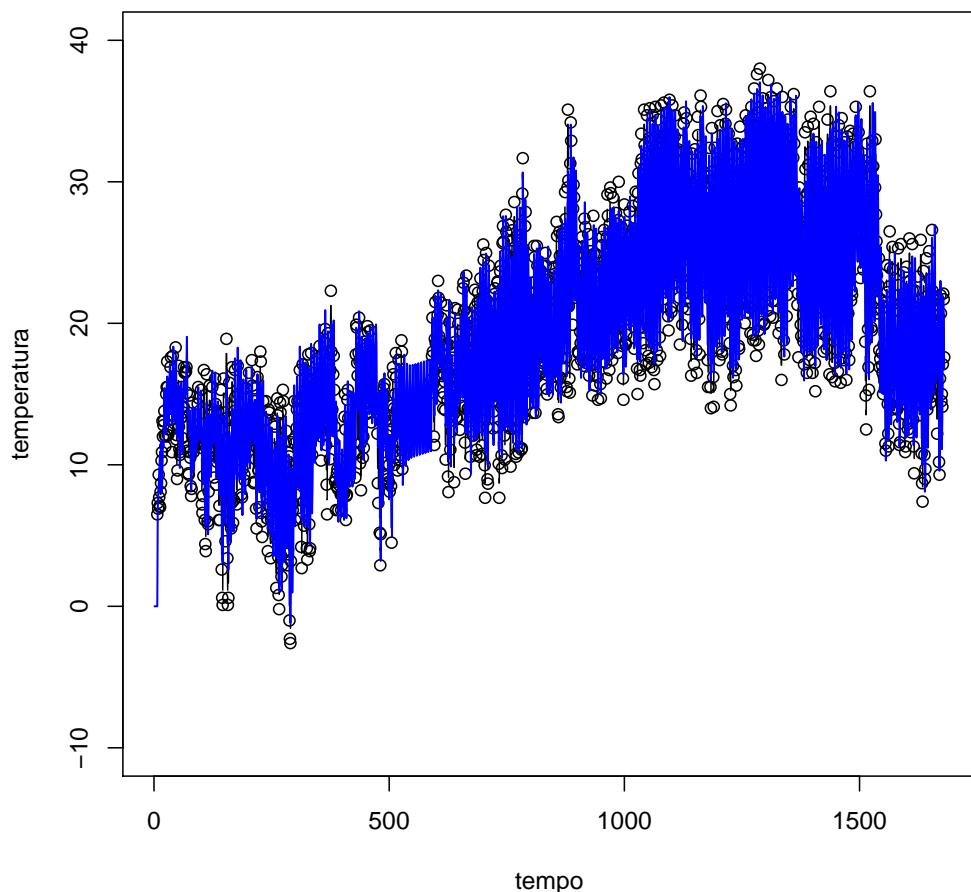


Figura 223: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 7, Vigna 2

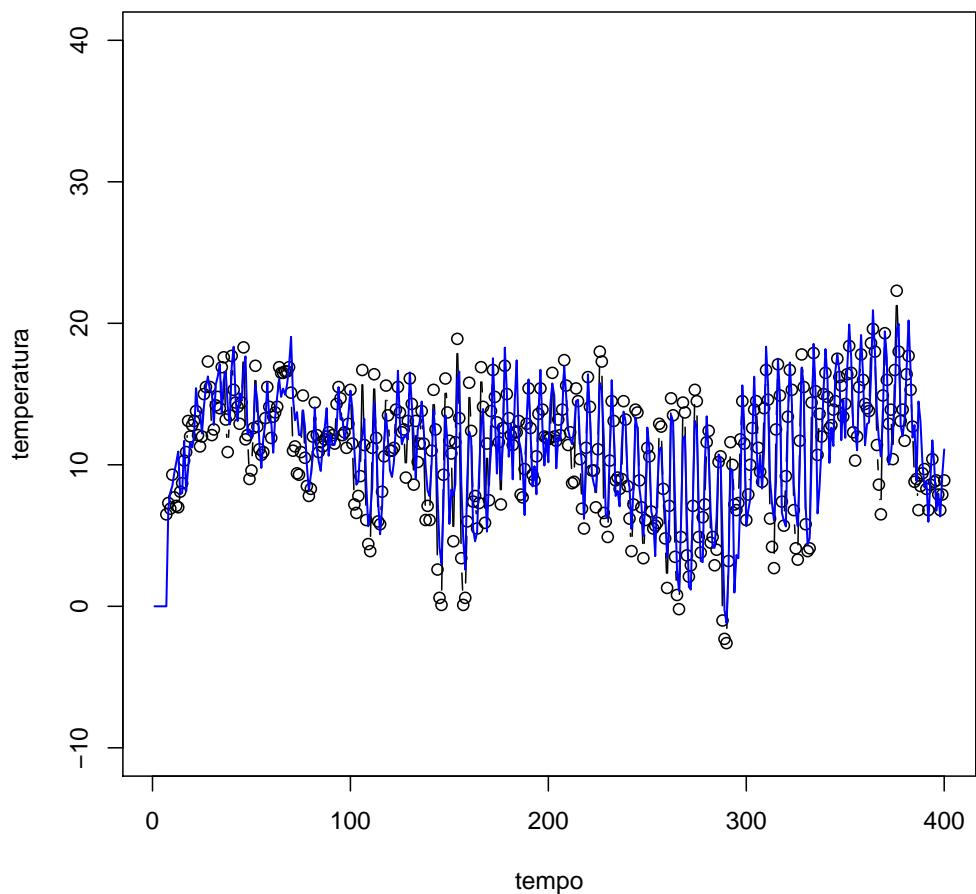


Figura 224: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 2

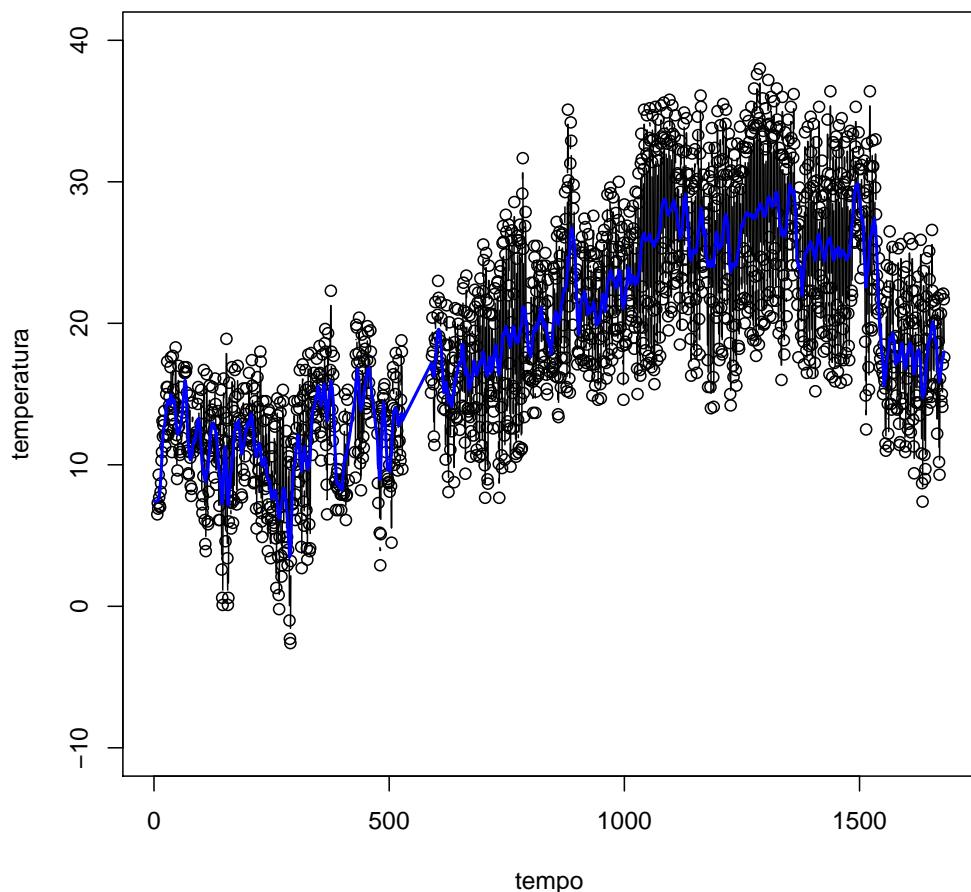


Figura 225: Smoother di Kalman - Tesi 7, Vigna 2

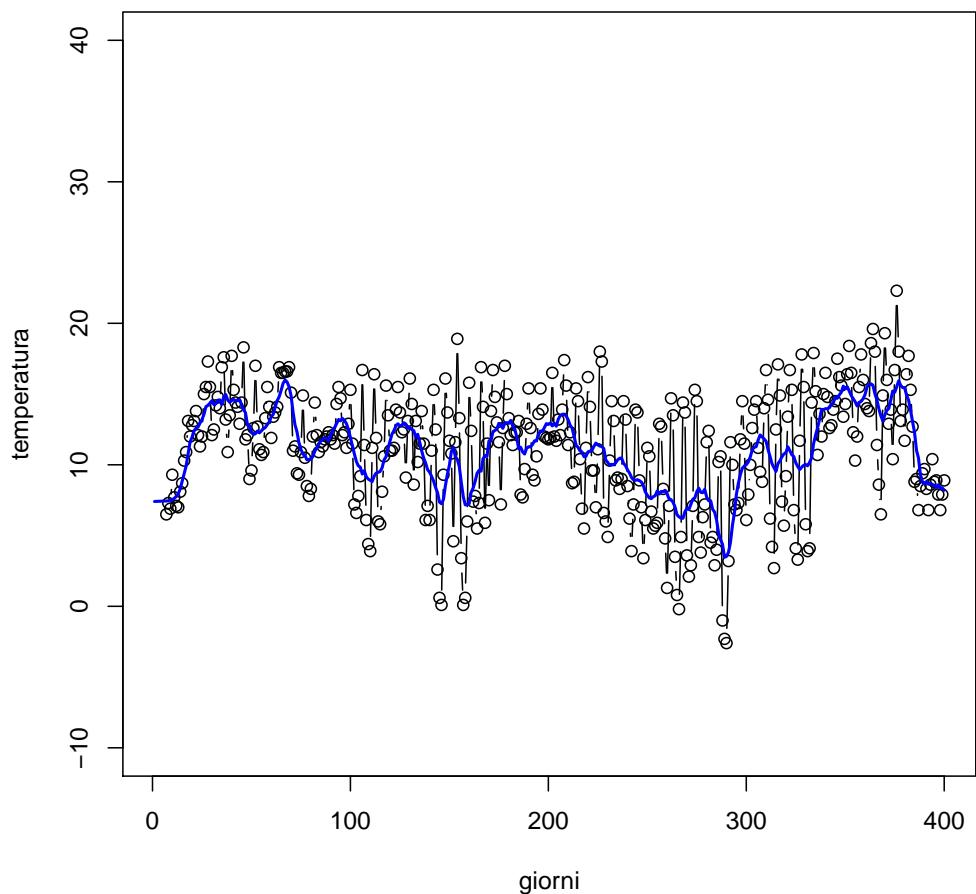


Figura 226: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 2

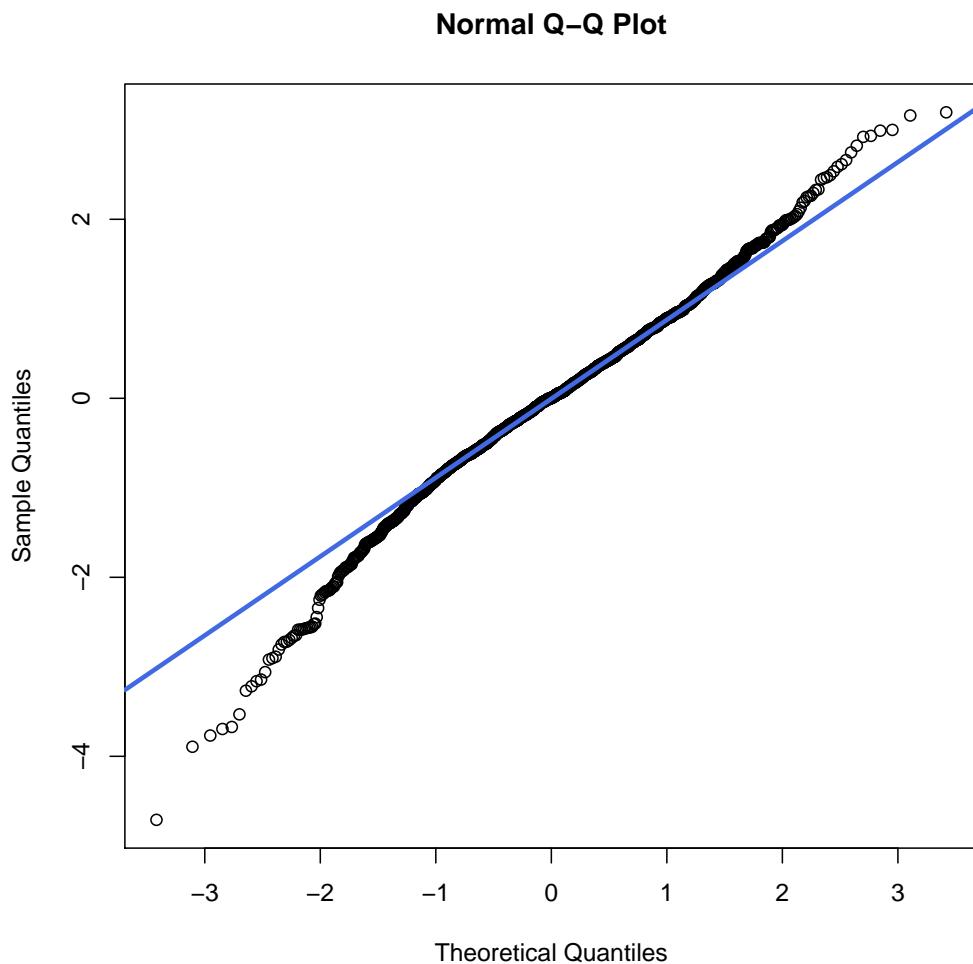


Figura 227: Q-Qplot - Tesi 7, Vigna 2

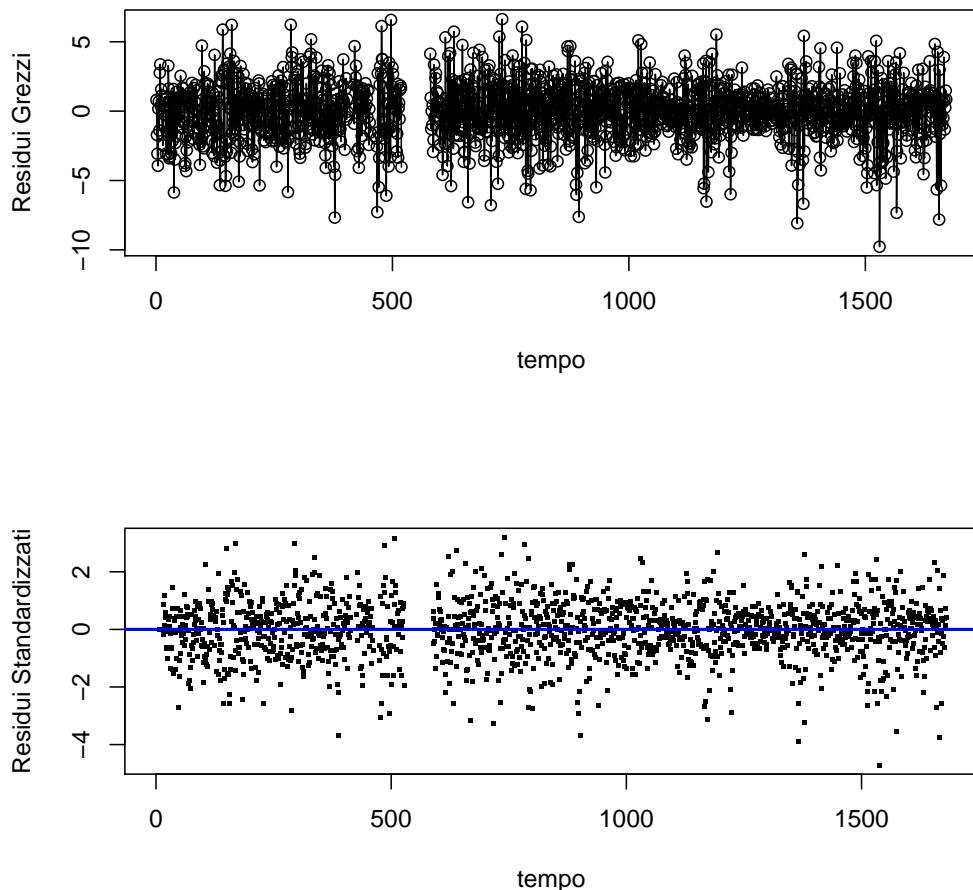


Figura 228: Analisi dei Residui - Tesi 7, Vigna 2

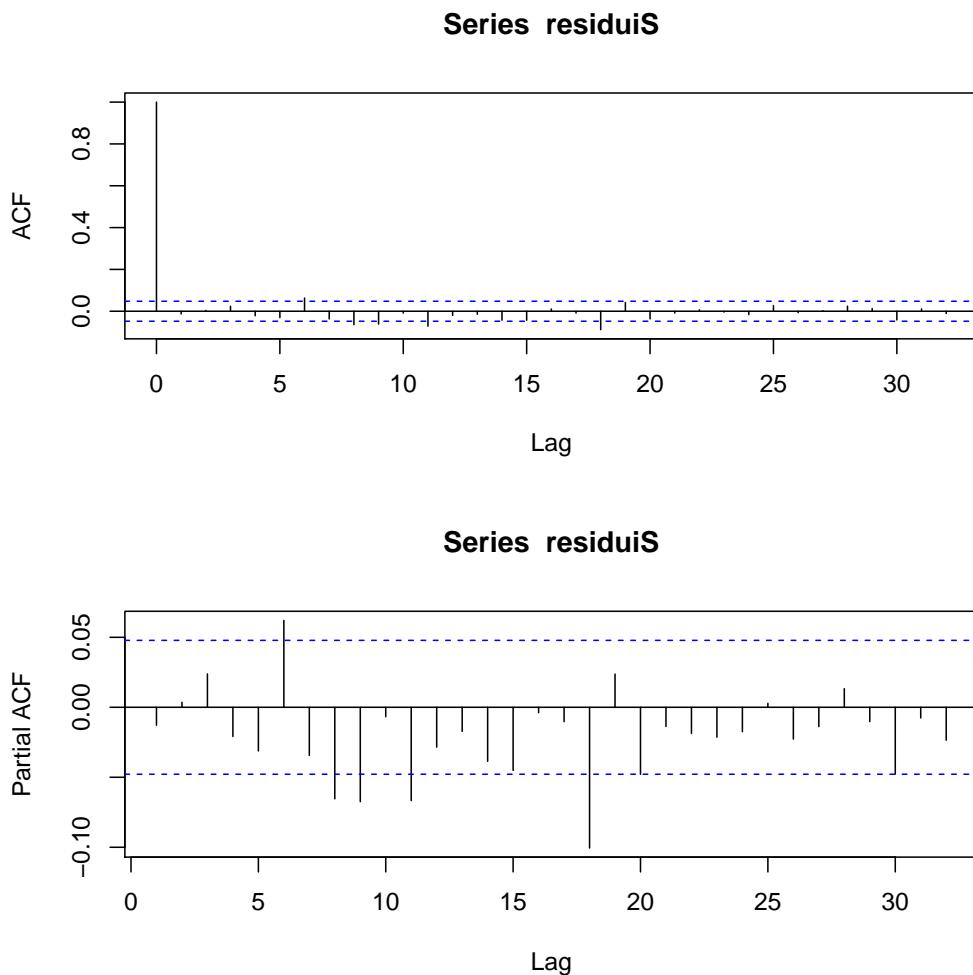


Figura 229: Grafici ACF e PACF - Tesi 7, Vigna 2

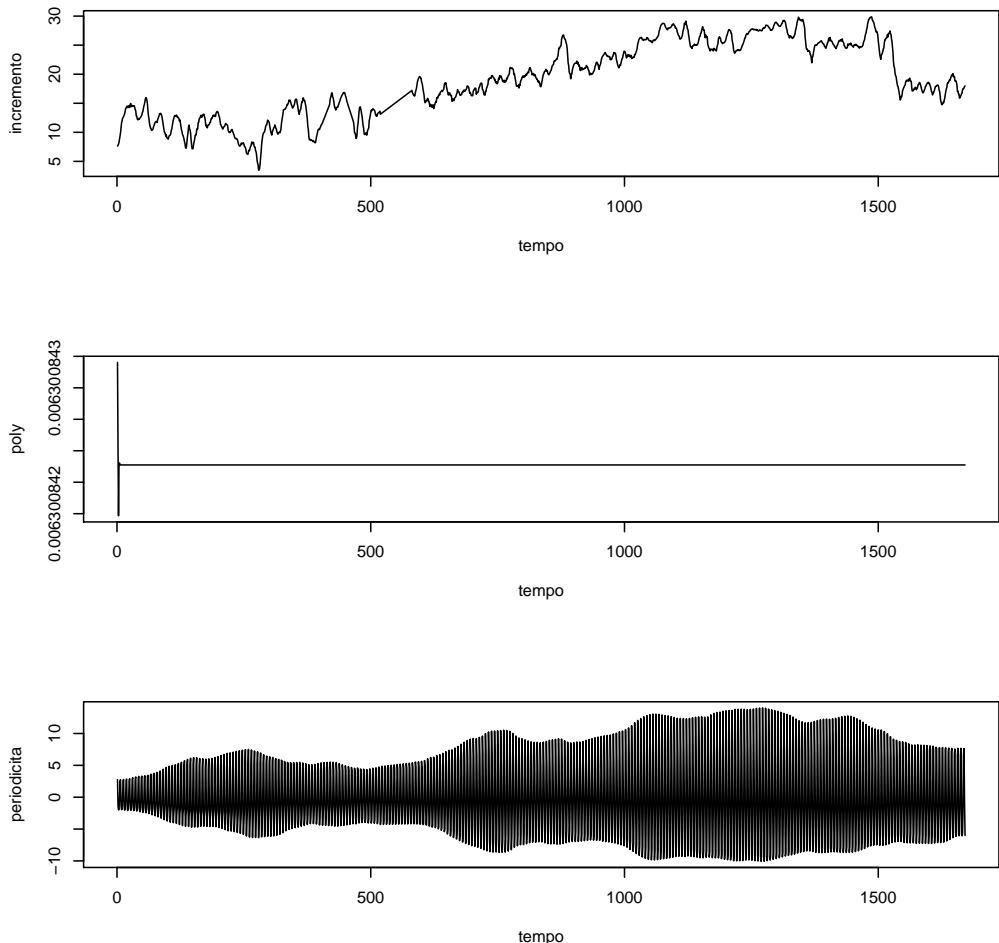


Figura 230: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 7, Vigna 2

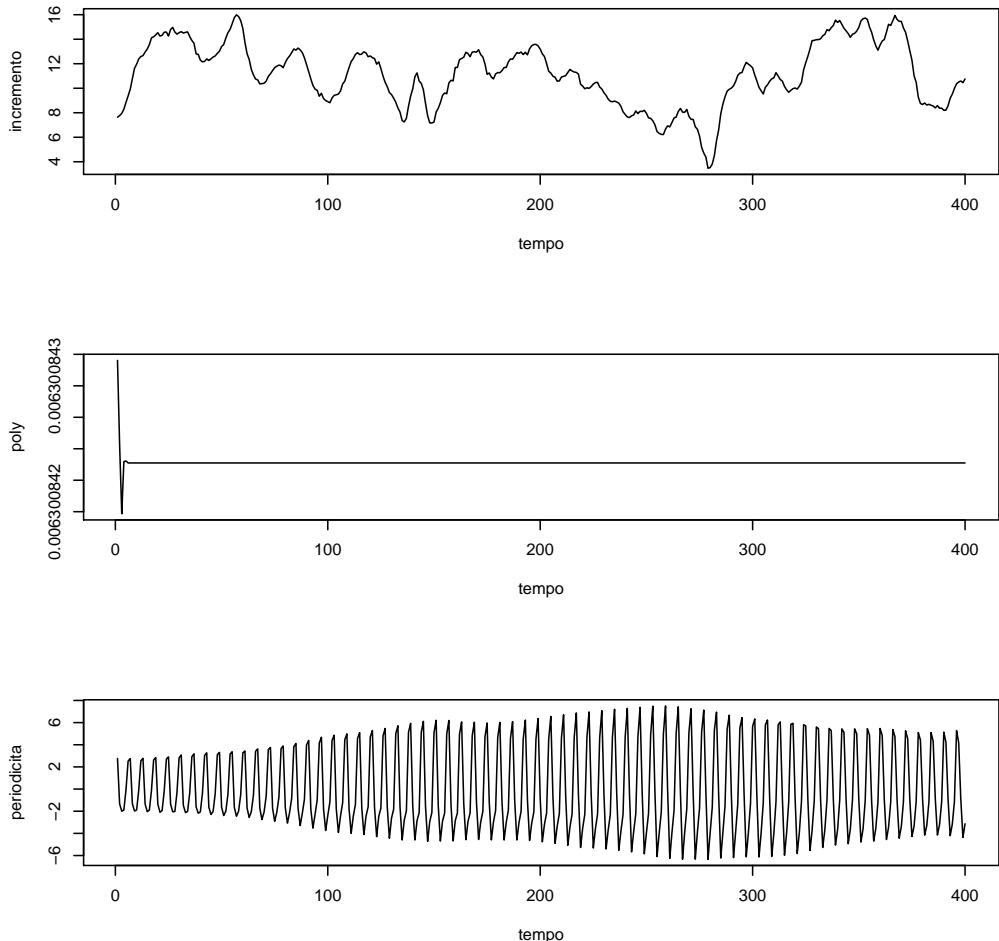


Figura 231: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 2

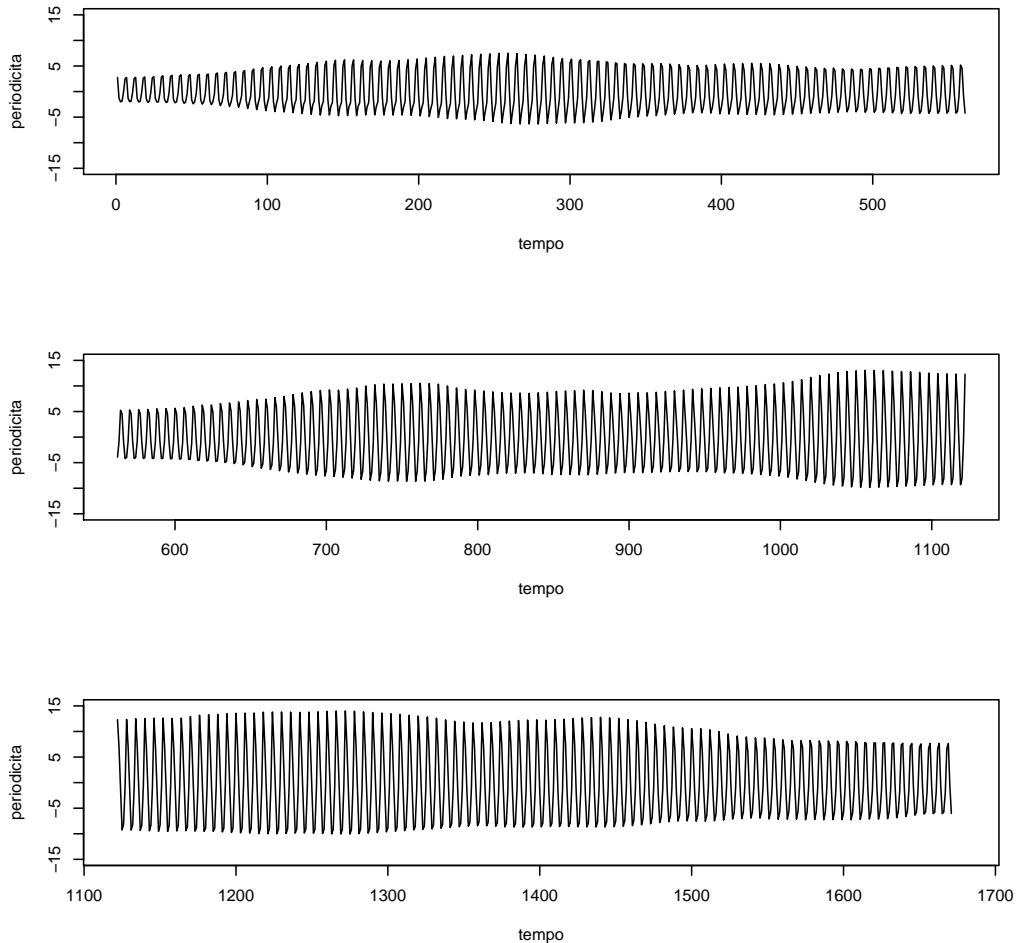


Figura 232: Componente Periodica - Tesi 7, Vigna 2

3.3.8 Slave Vigna 2 - Tesi 8

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

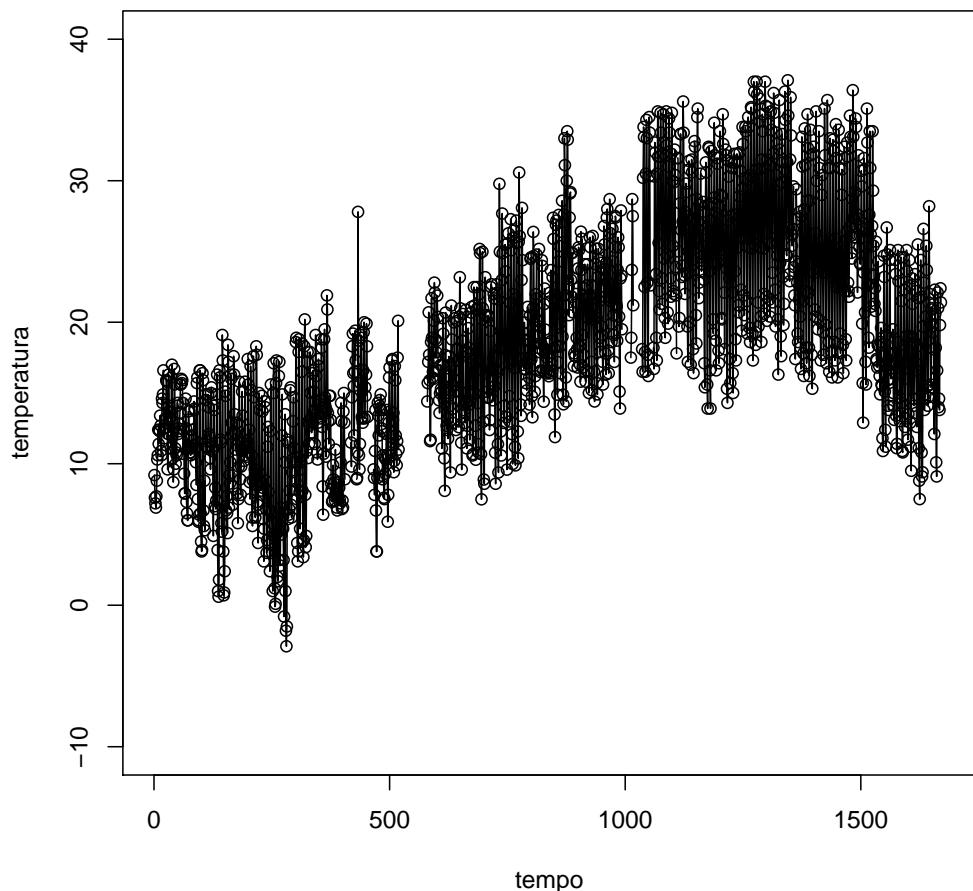


Figura 233: Dati Osservati - Tesi 8, Vigna 2

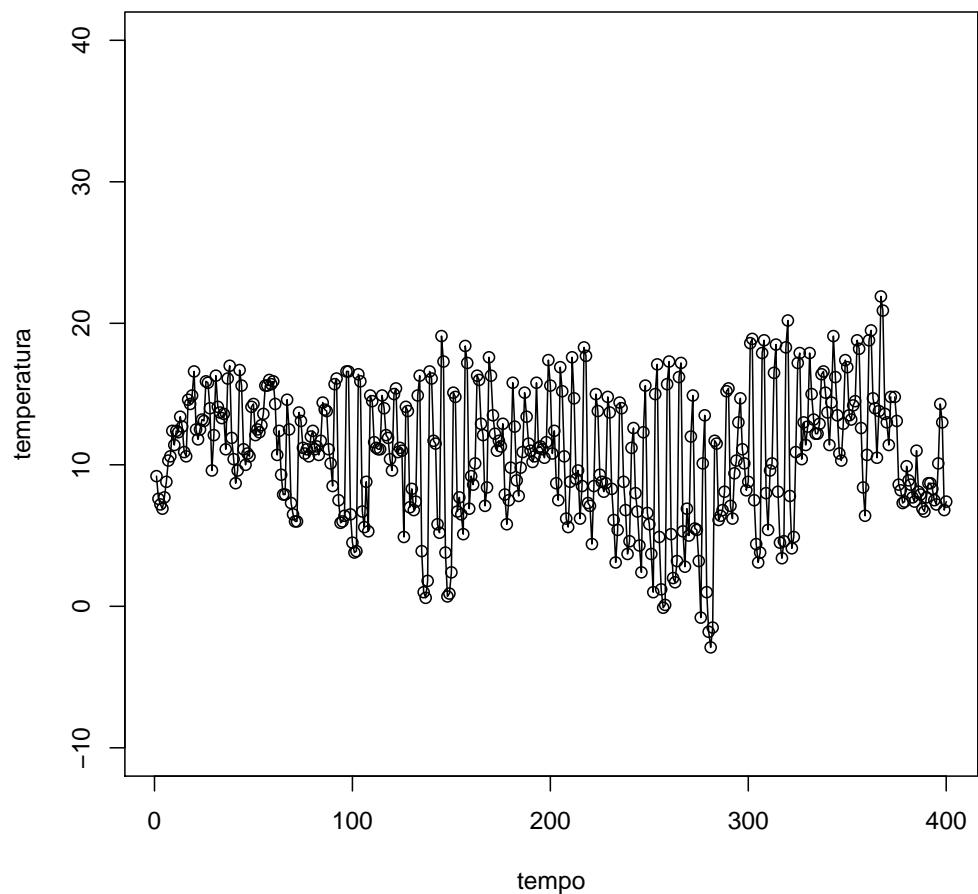


Figura 234: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 8, Vigna 2

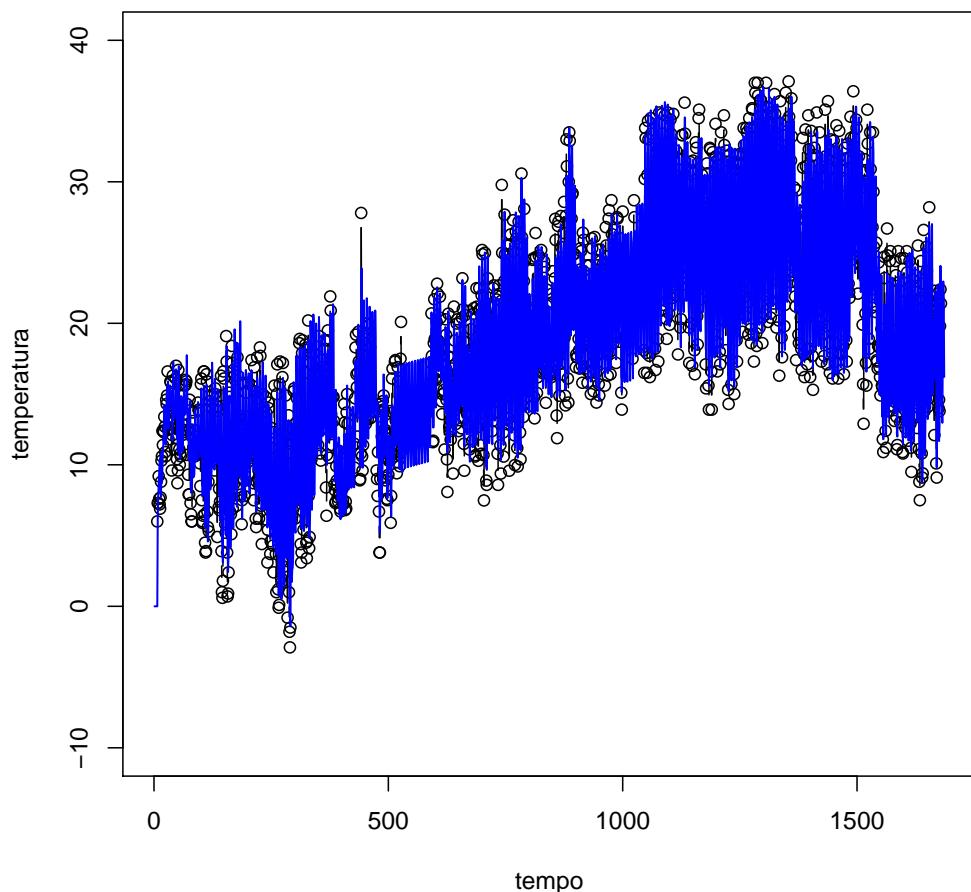


Figura 235: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 8, Vigna 2

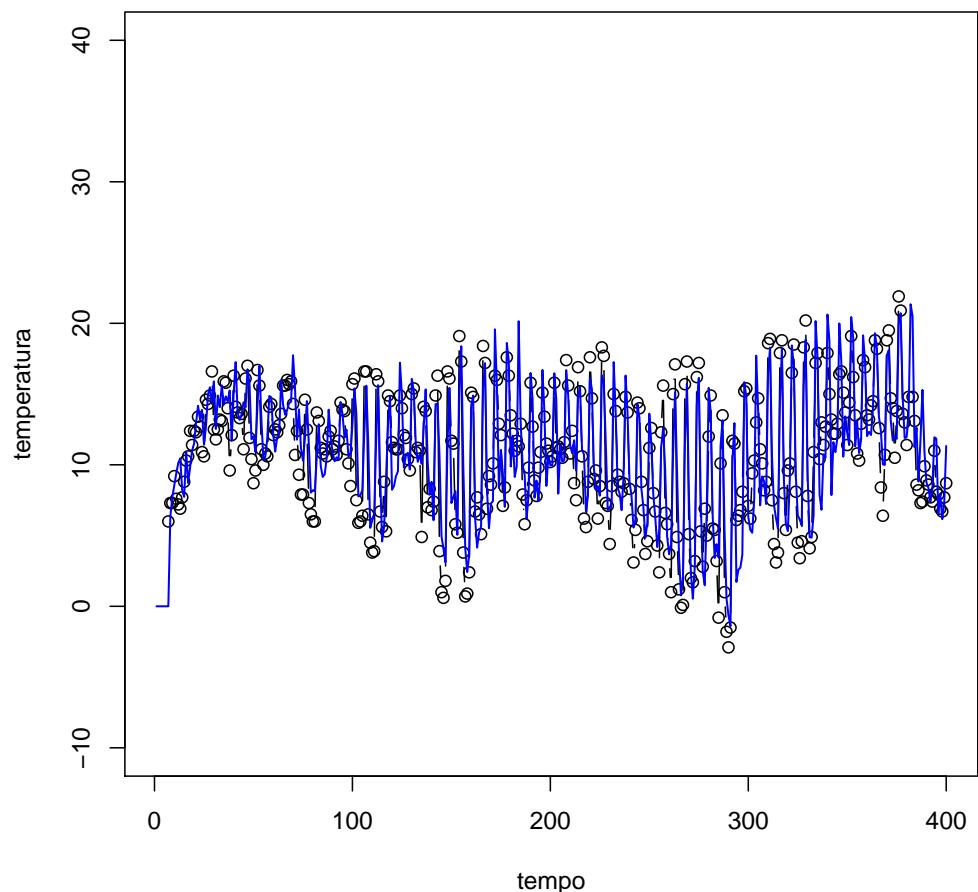


Figura 236: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 8, Vigna 2

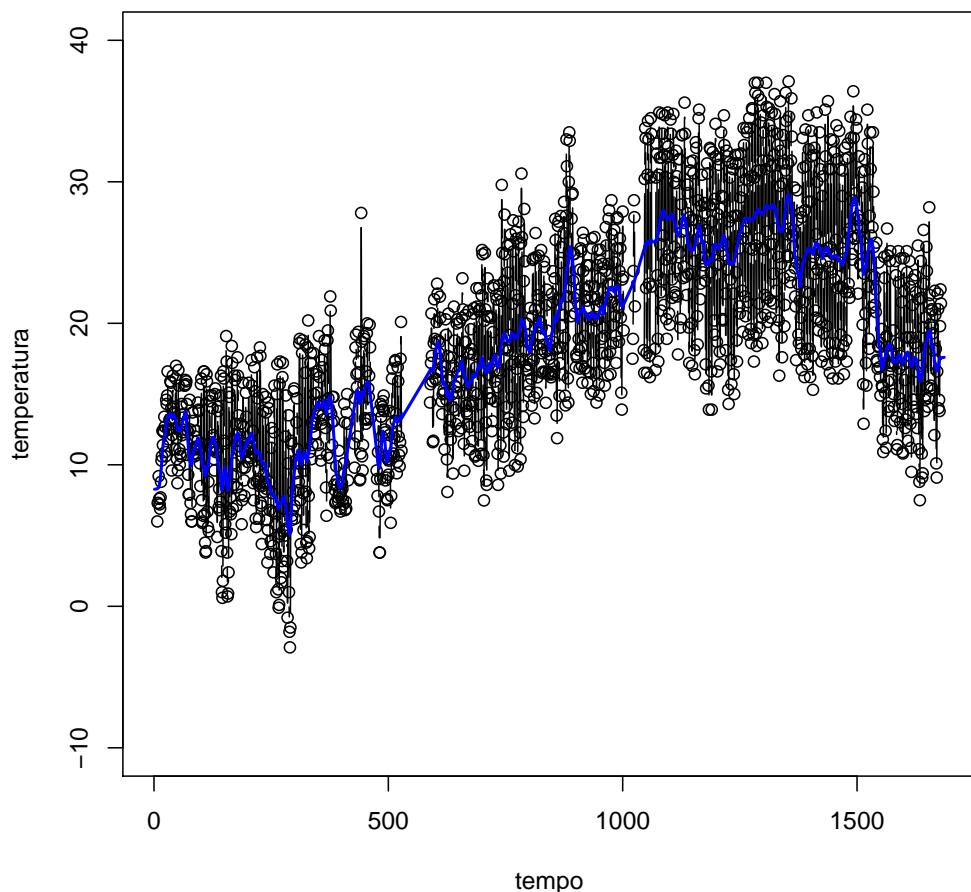


Figura 237: Smoother di Kalman - Tesi 8, Vigna 2

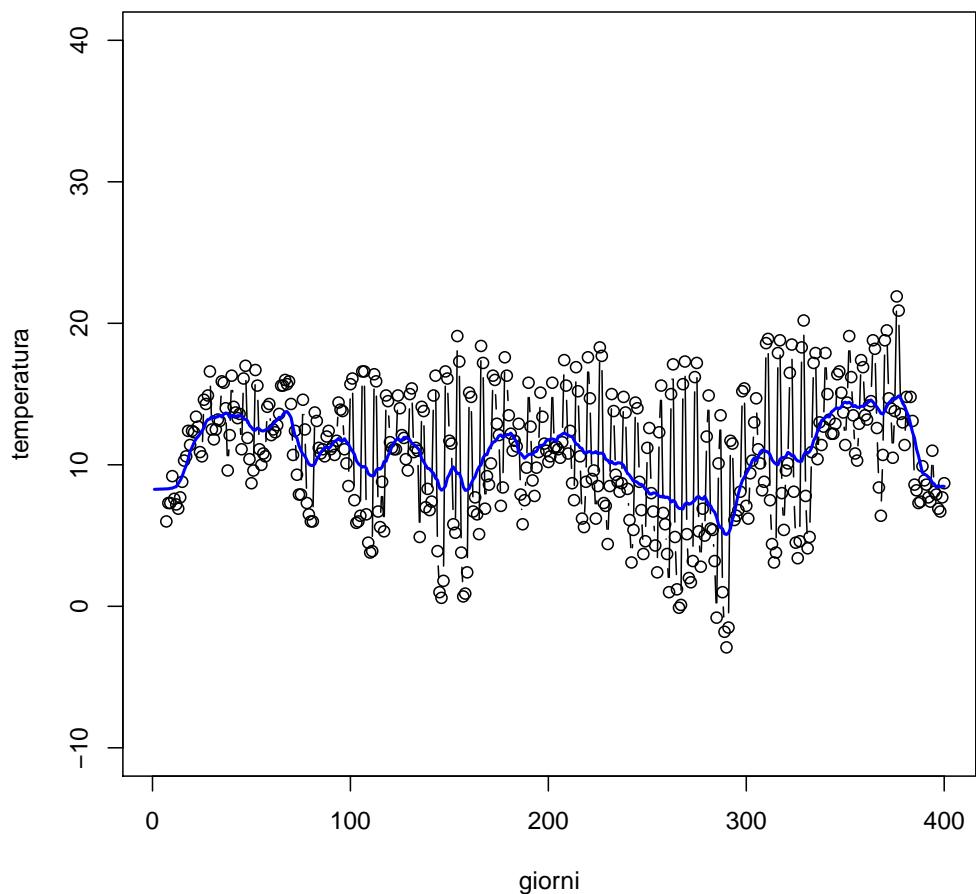


Figura 238: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 8, Vigna 2

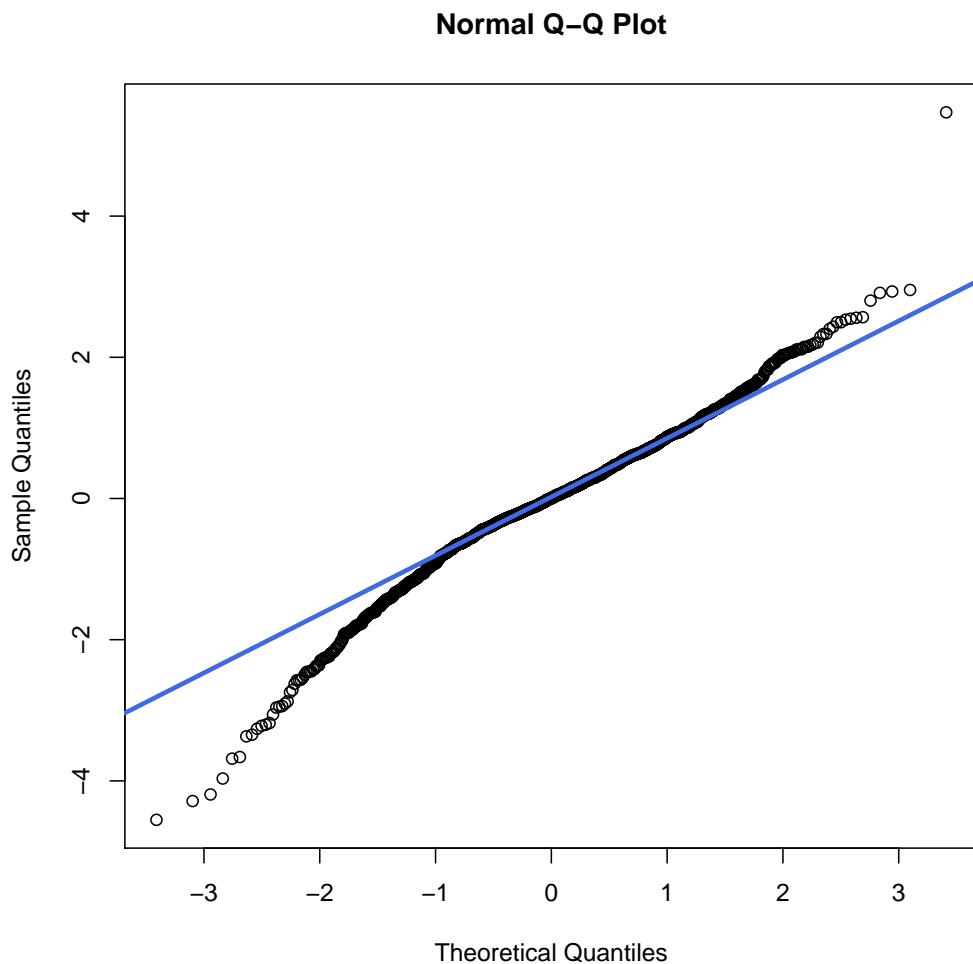


Figura 239: Q-Qplot - Tesi 8, Vigna 2

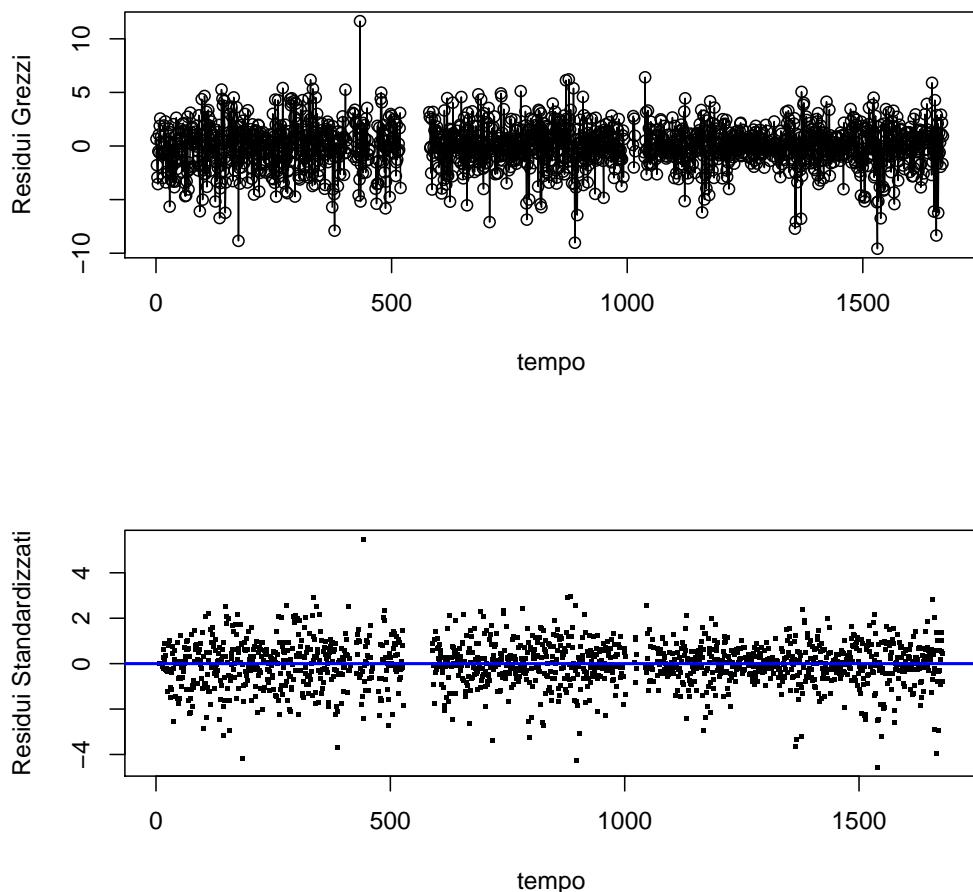


Figura 240: Analisi dei Residui - Tesi 8, Vigna 2

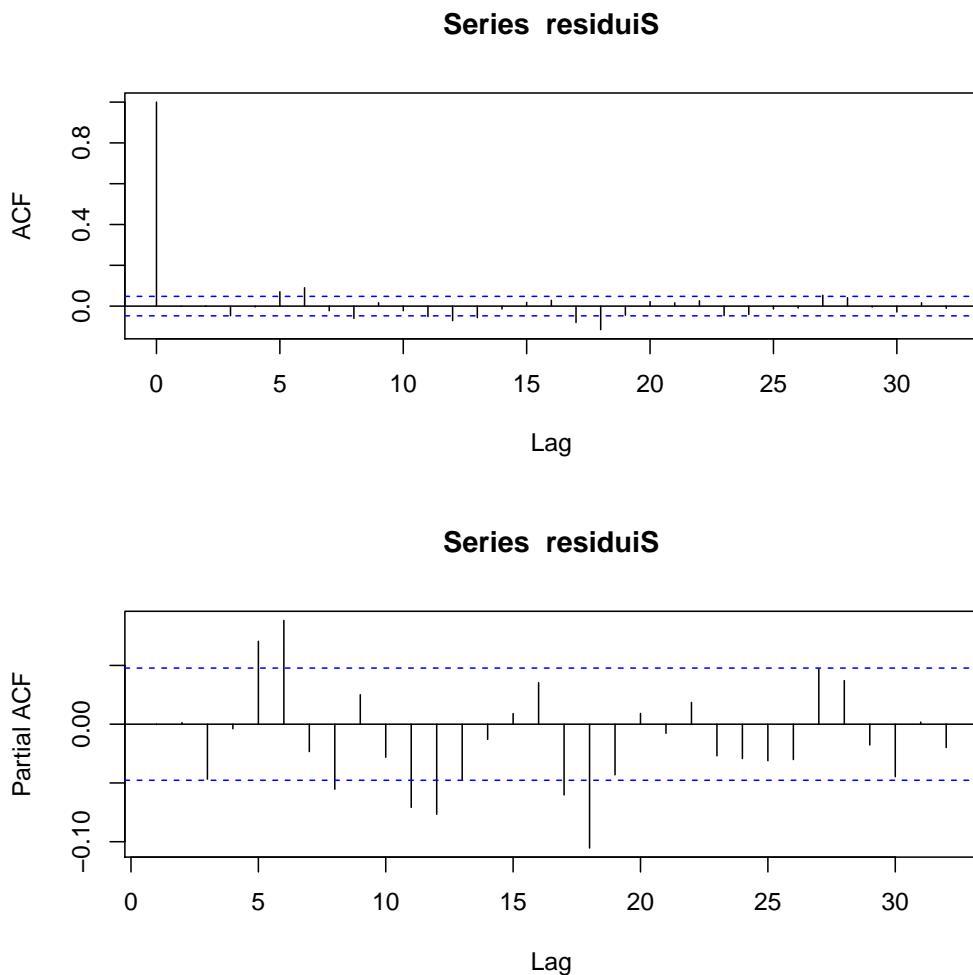


Figura 241: Grafici ACF e PACF - Tesi 8, Vigna 2

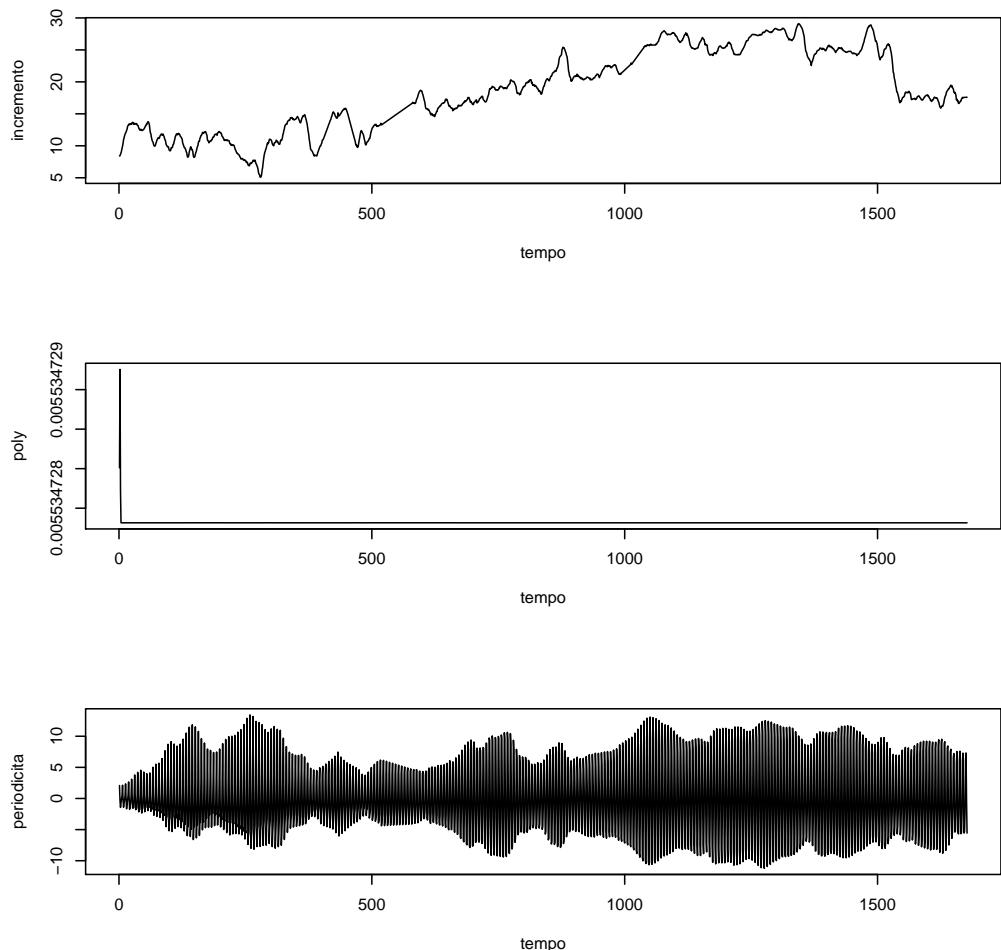


Figura 242: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 8, Vigna 2

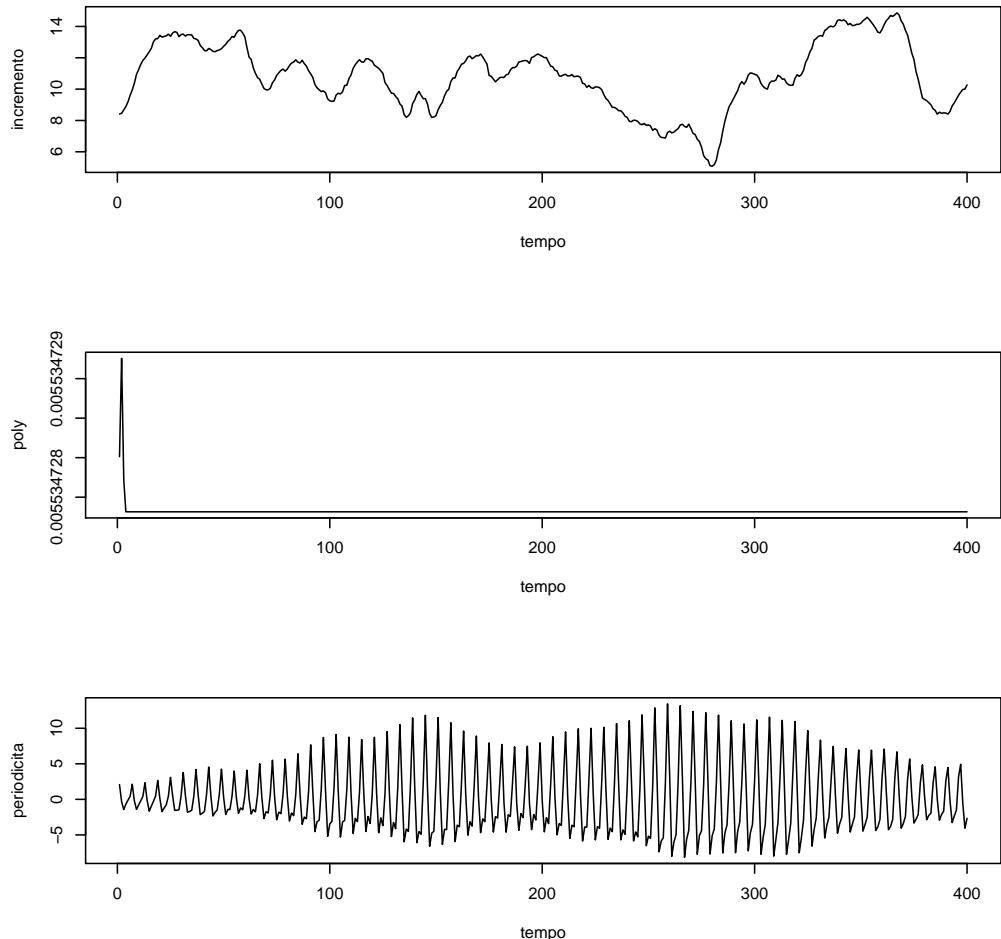


Figura 243: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 8, Vigna 2

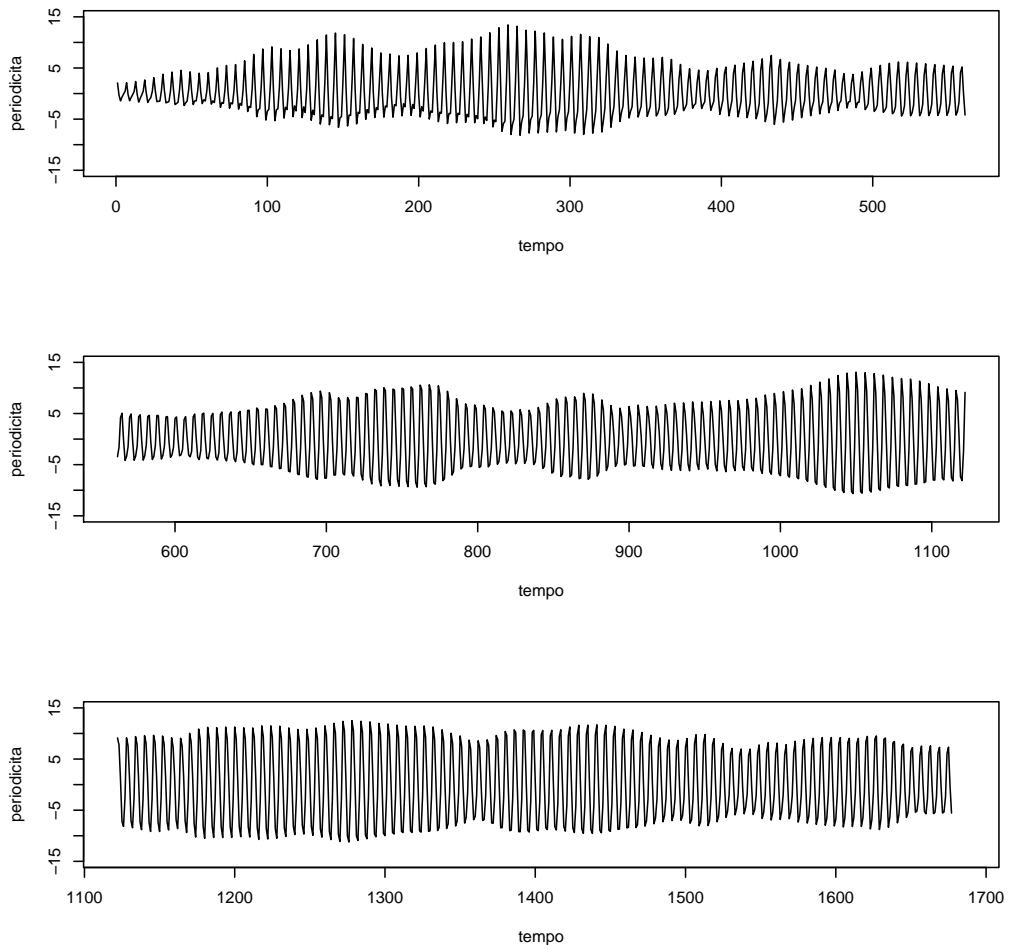


Figura 244: Componente Periodica - Tesi 8, Vigna 2

3.3.9 Scatter Plots Residui Slaves Vigna 2

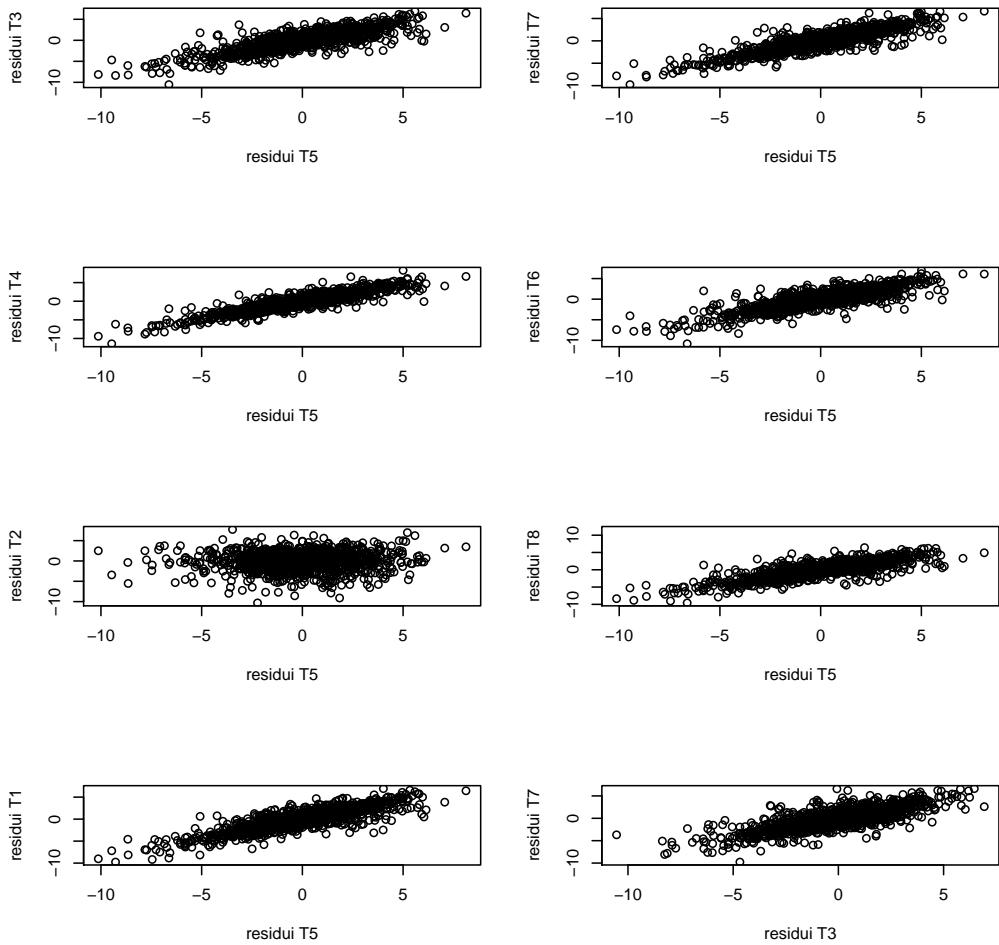


Figura 245: Scatter plots residui - Slaves Vigna 2

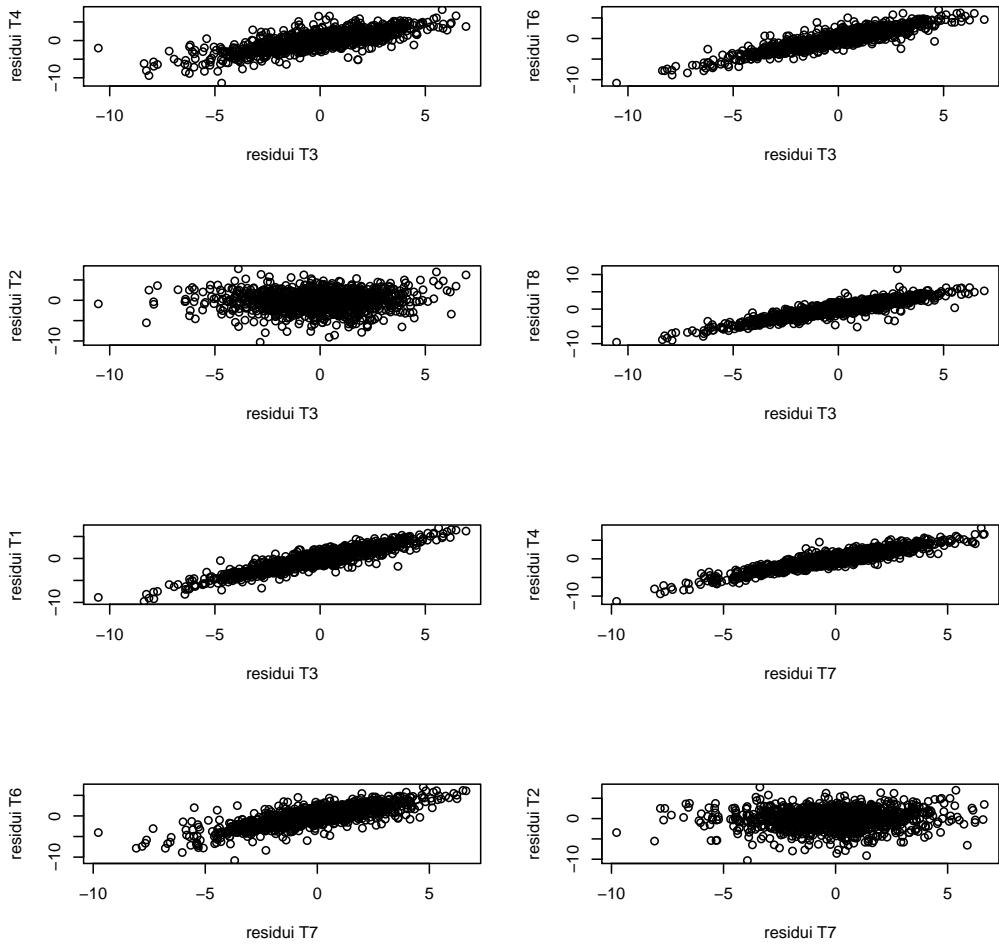


Figura 246: Scatter plots residui (2) - Slaves Vigna 2

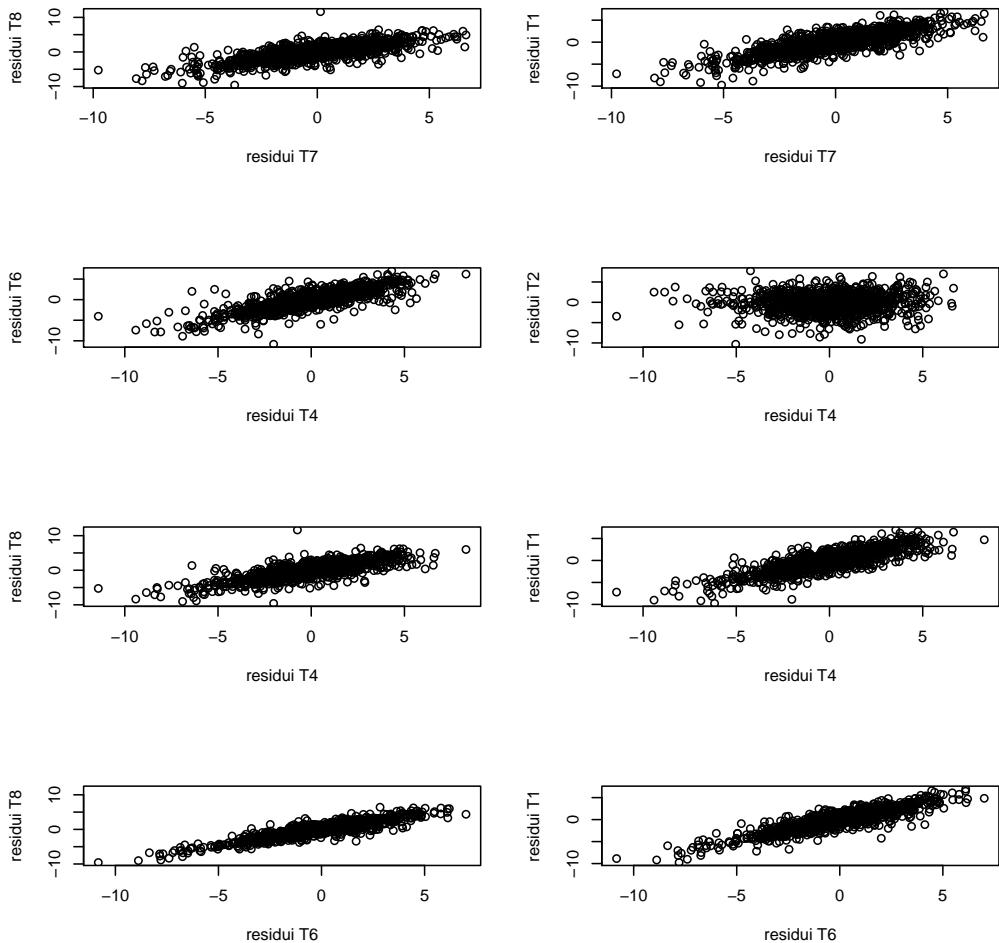


Figura 247: Scatter plots residui (3) - Slaves Vigna 2

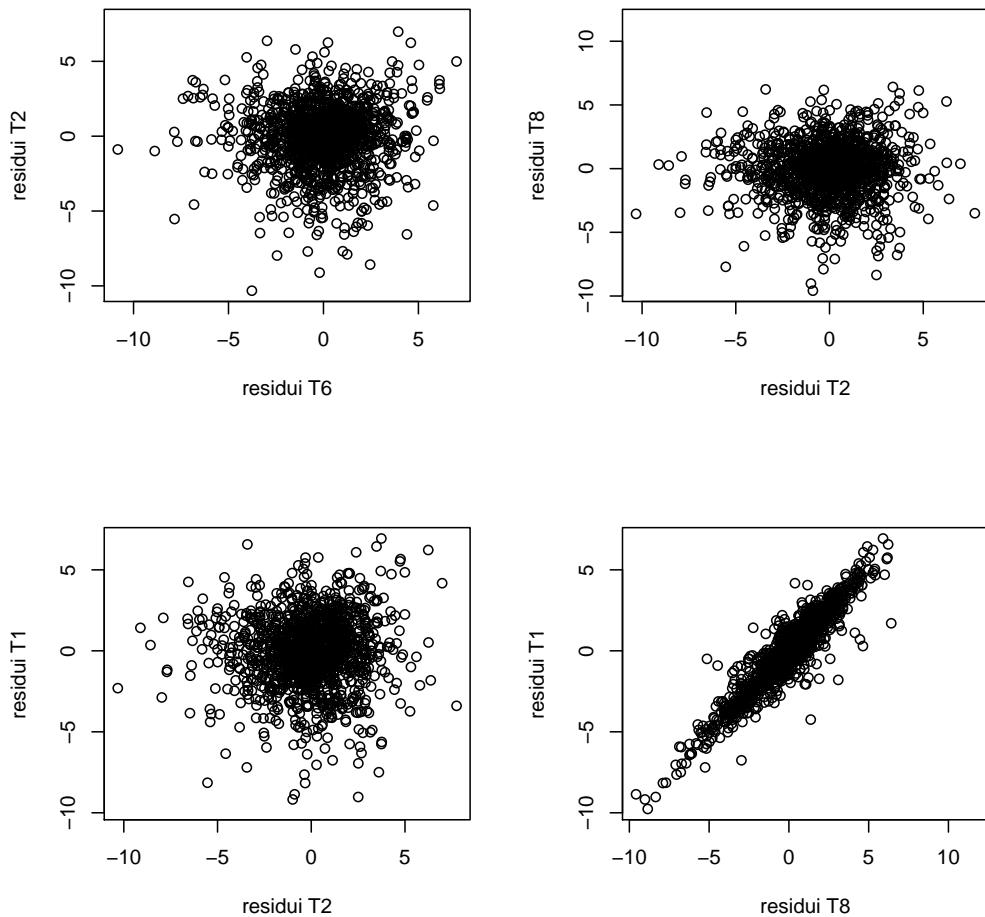


Figura 248: Scatter plots residui (4) - Slaves Vigna 2

3.4 SLAVES - Vigna 3

3.4.1 Slave Vigna 3 - Tesi 1

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

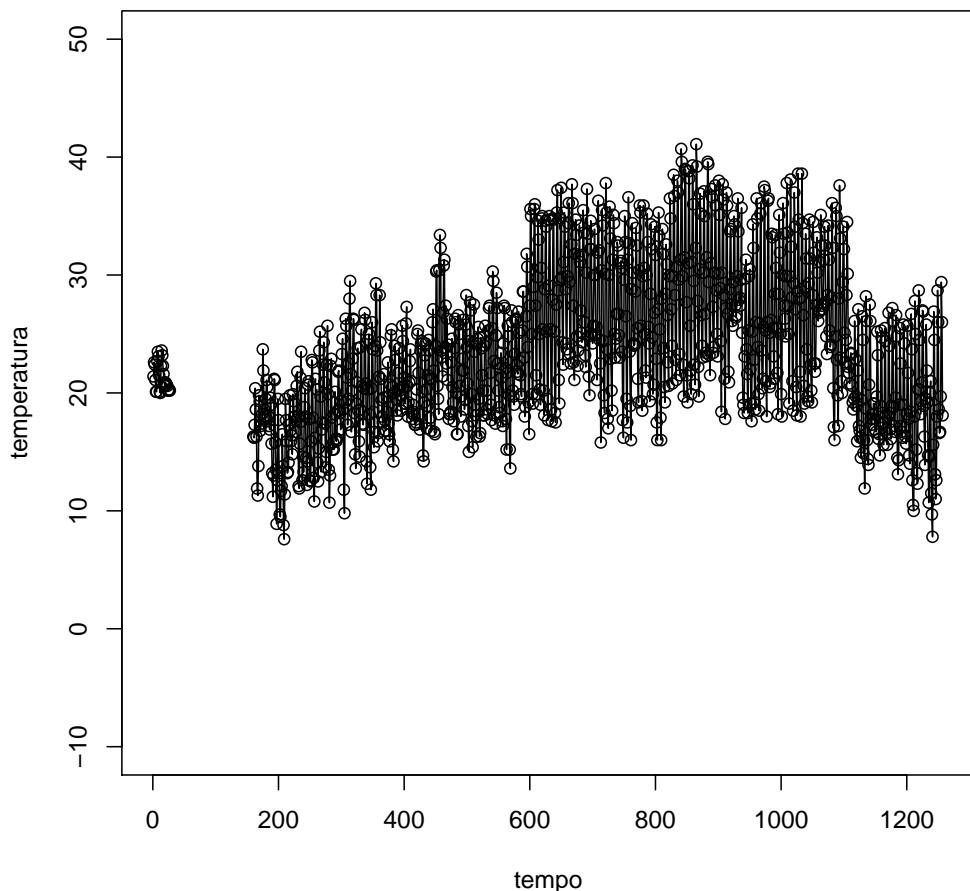


Figura 249: Dati Osservati - Tesi 1, Vigna 3

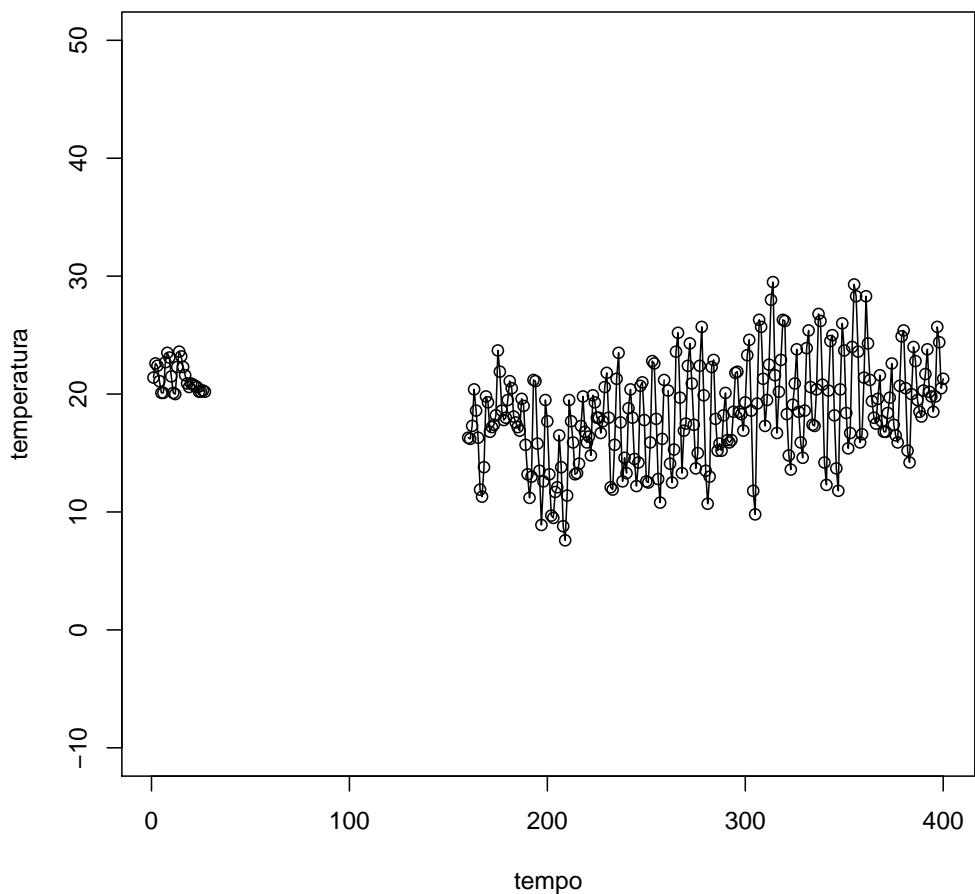


Figura 250: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 3

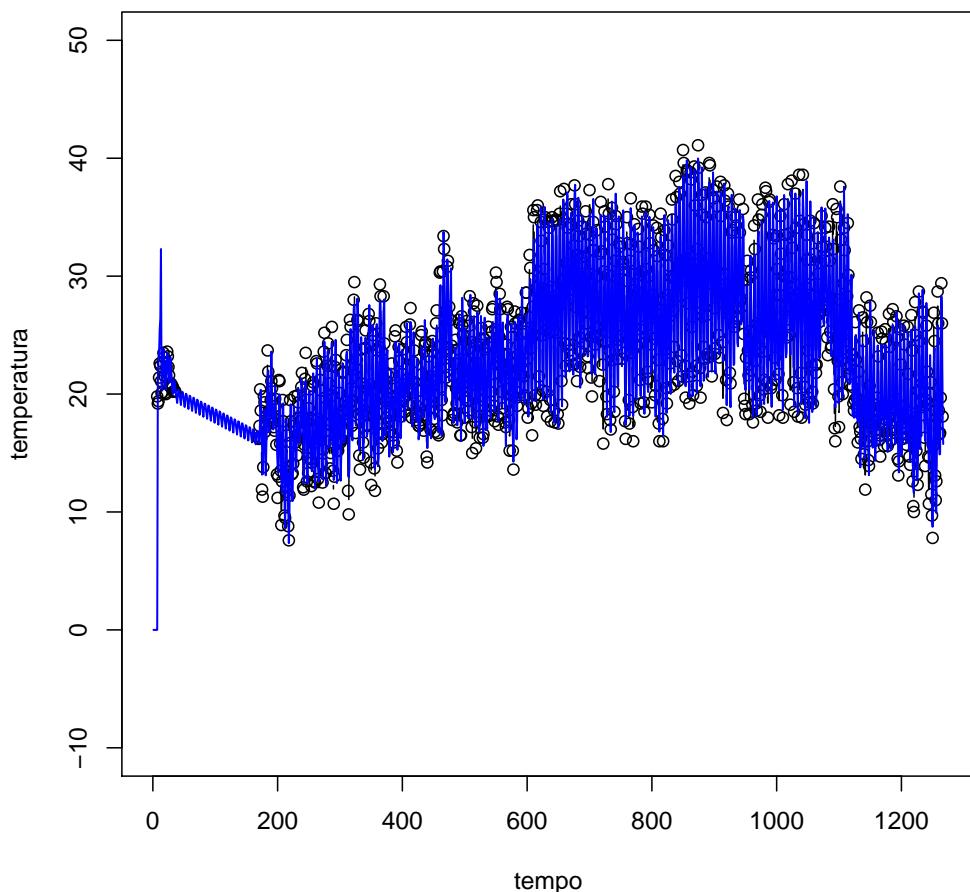


Figura 251: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 1, Vigna 3

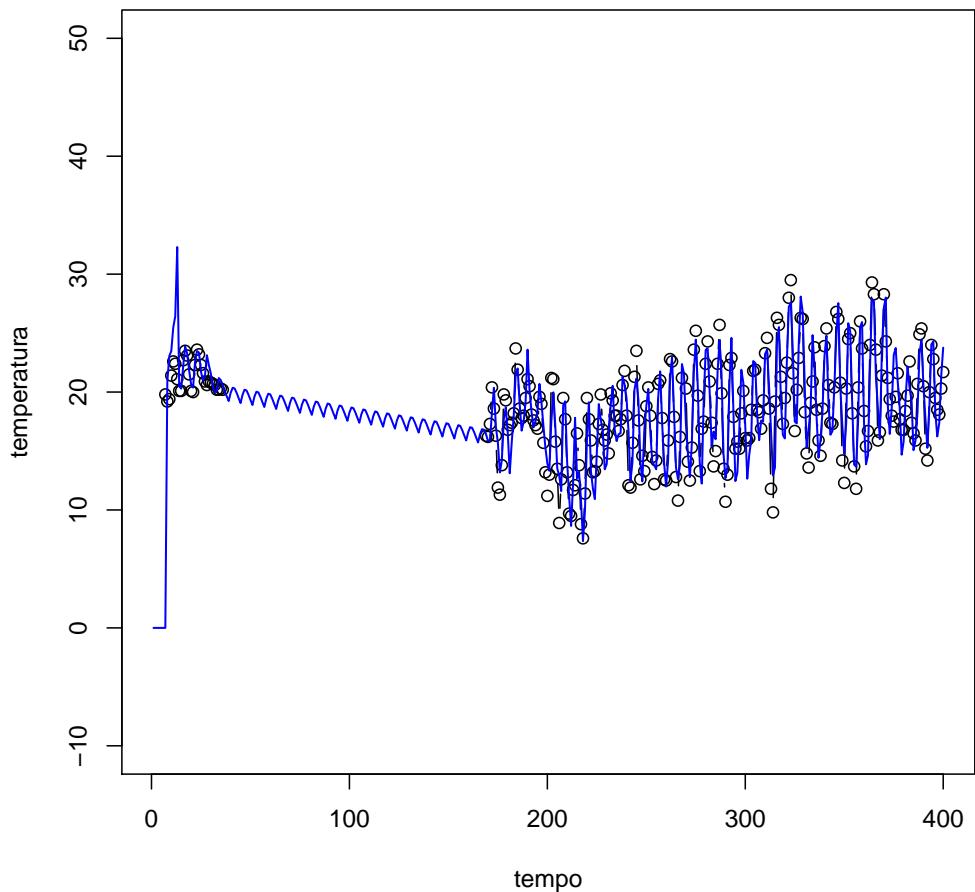


Figura 252: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 3

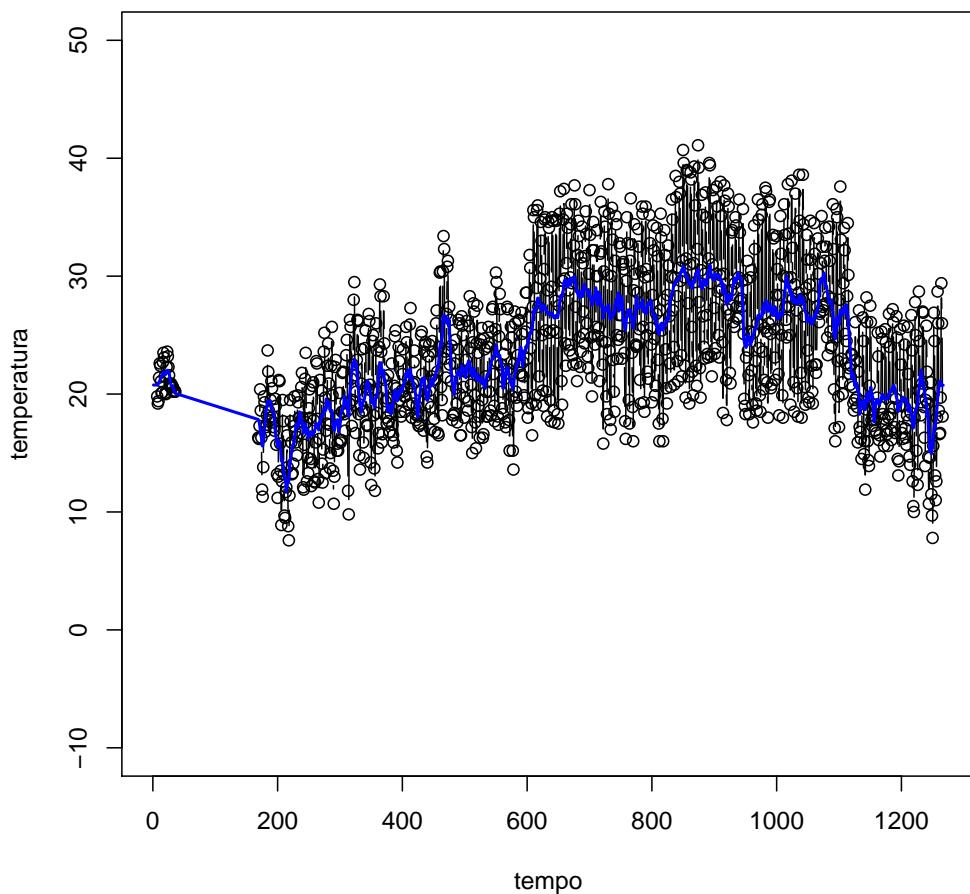


Figura 253: Smoother di Kalman - Tesi 1, Vigna 3

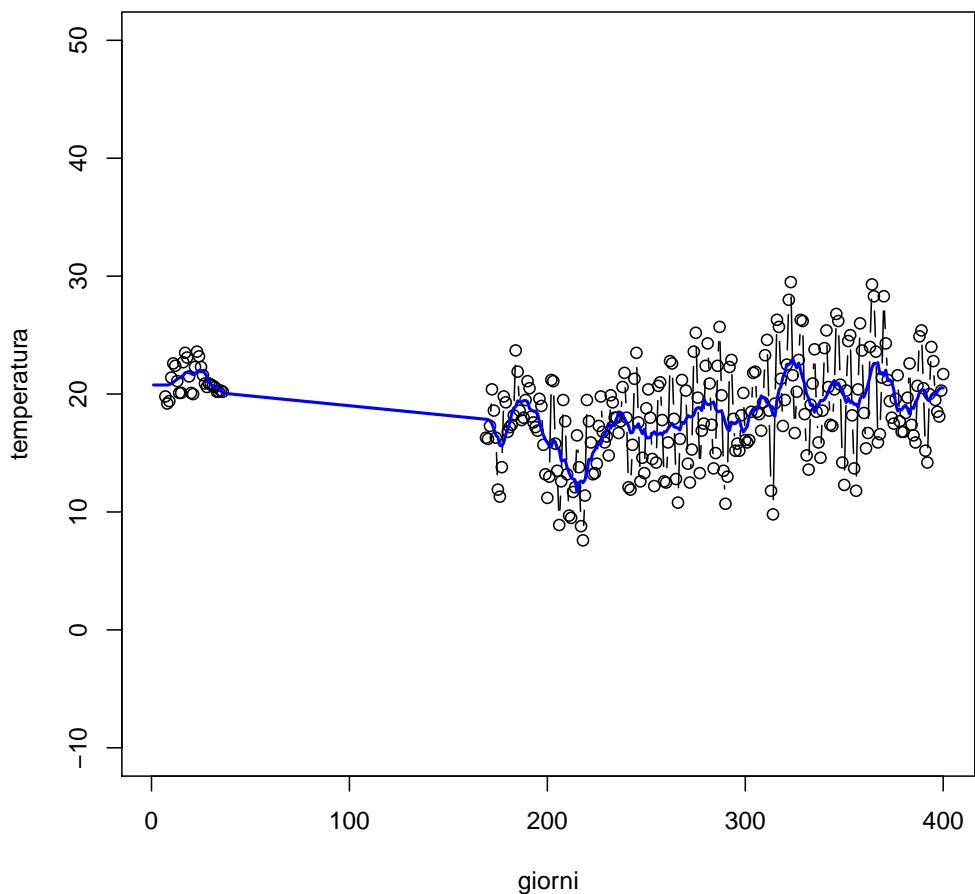


Figura 254: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 3

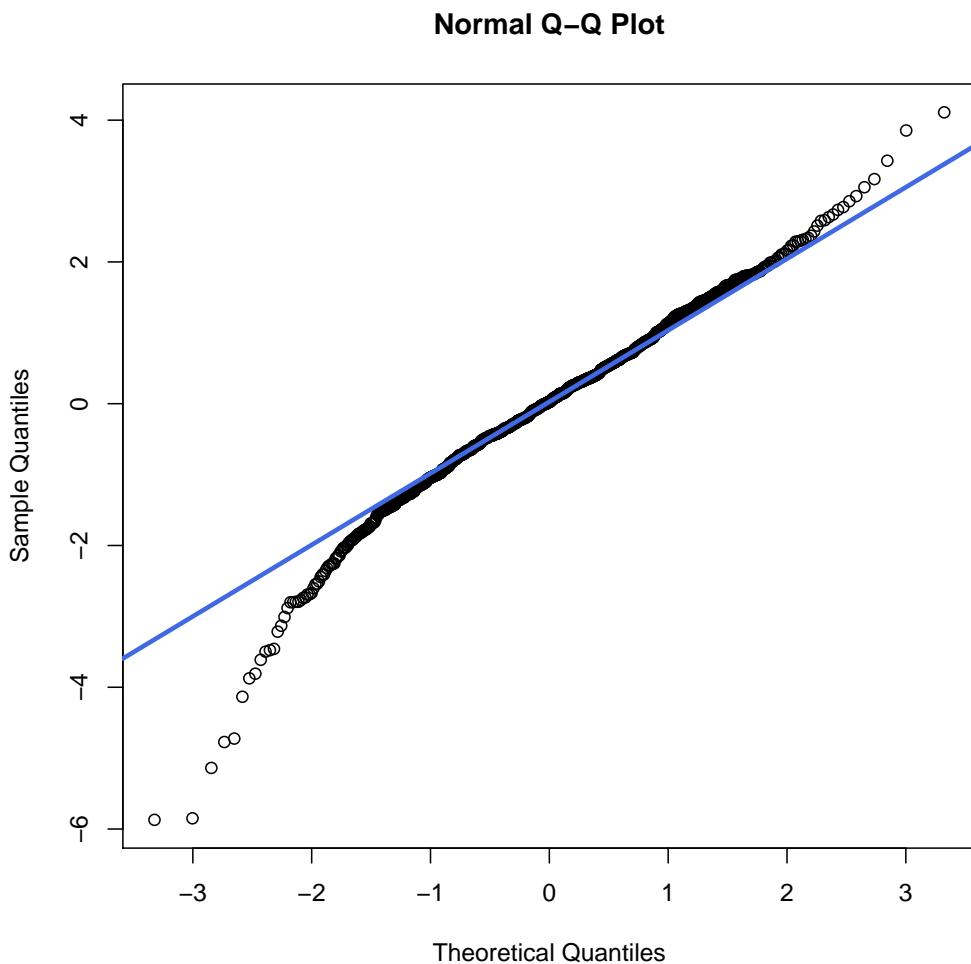


Figura 255: Q-Qplot - Tesi 1, Vigna 3

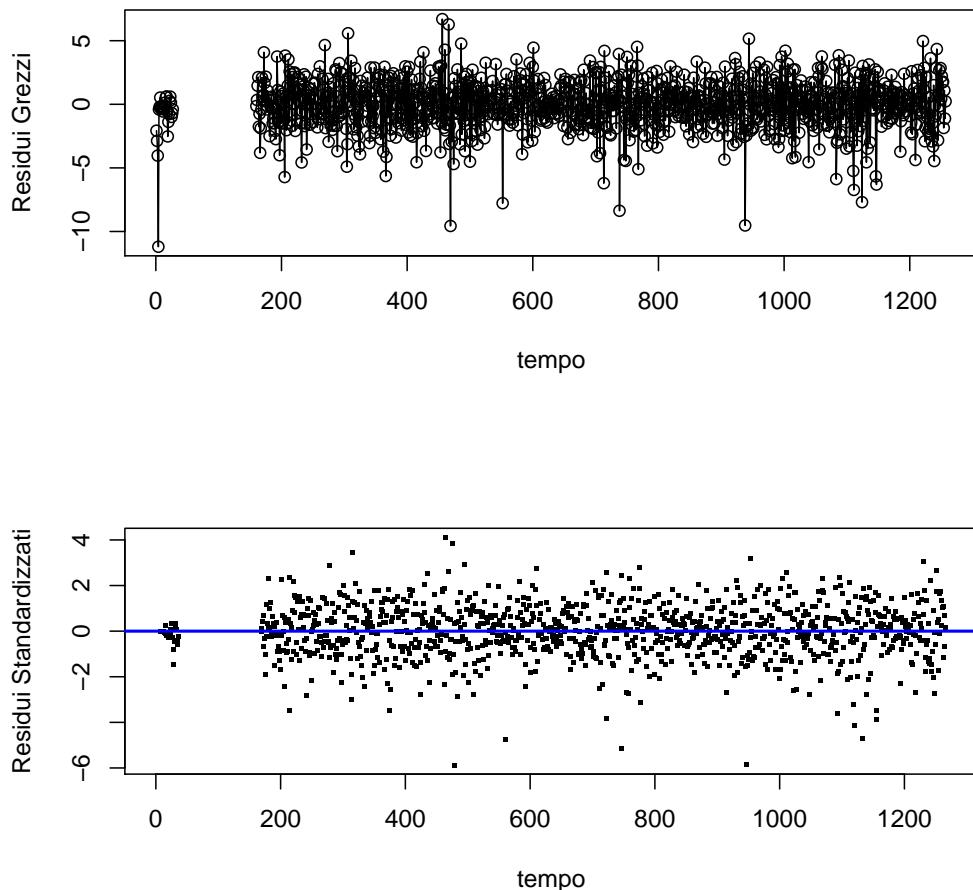


Figura 256: Analisi dei Residui - Tesi 1, Vigna 3

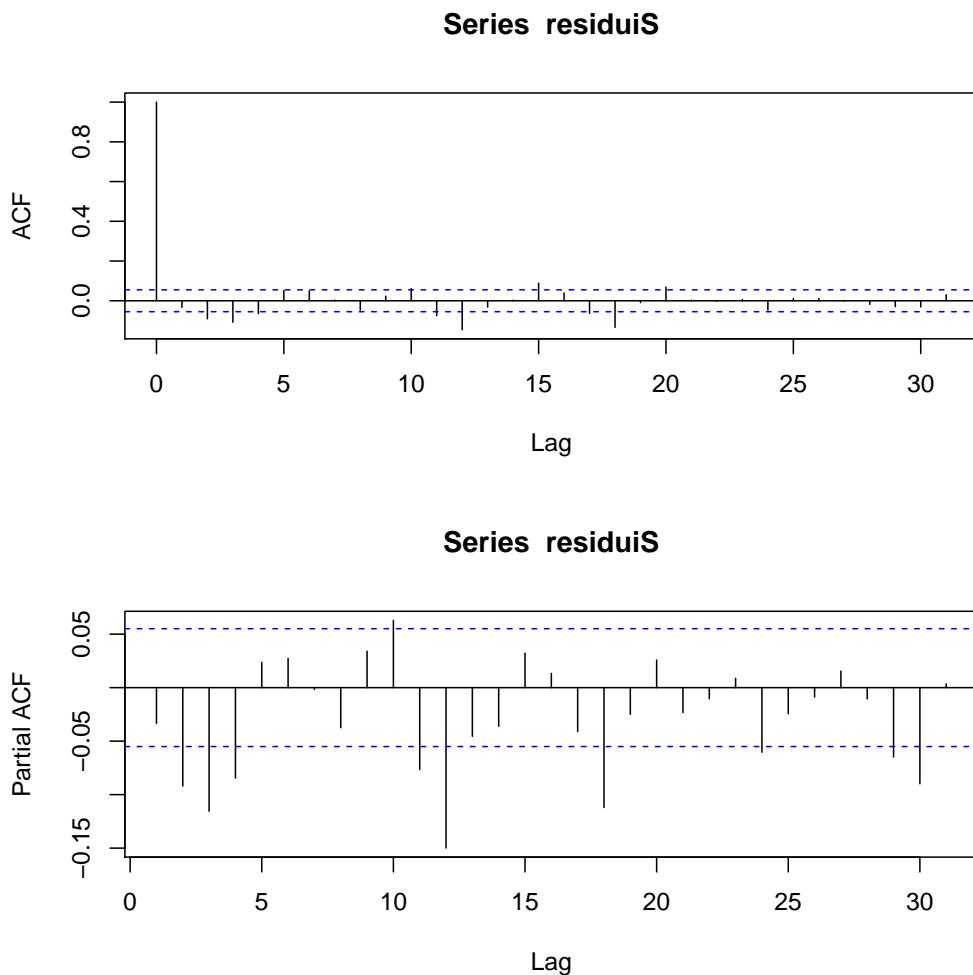


Figura 257: Grafici ACF e PACF - Tesi 1, Vigna 3

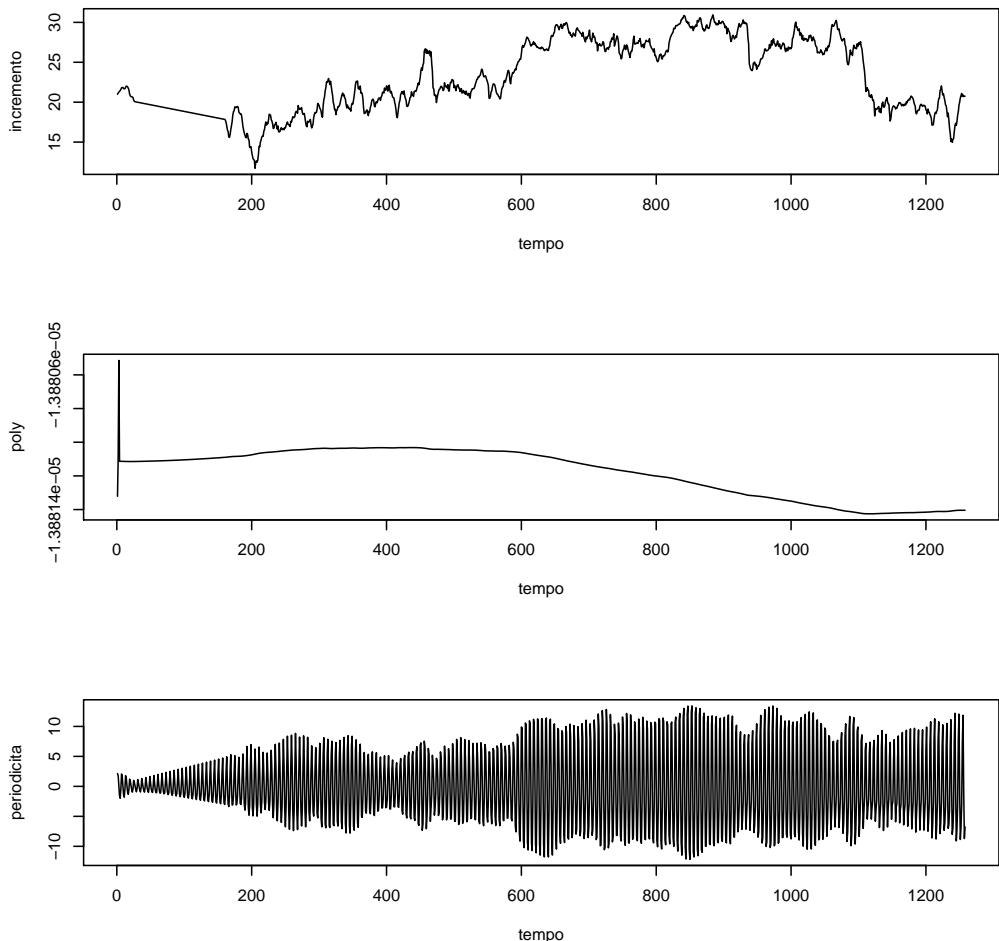


Figura 258: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 1, Vigna 3

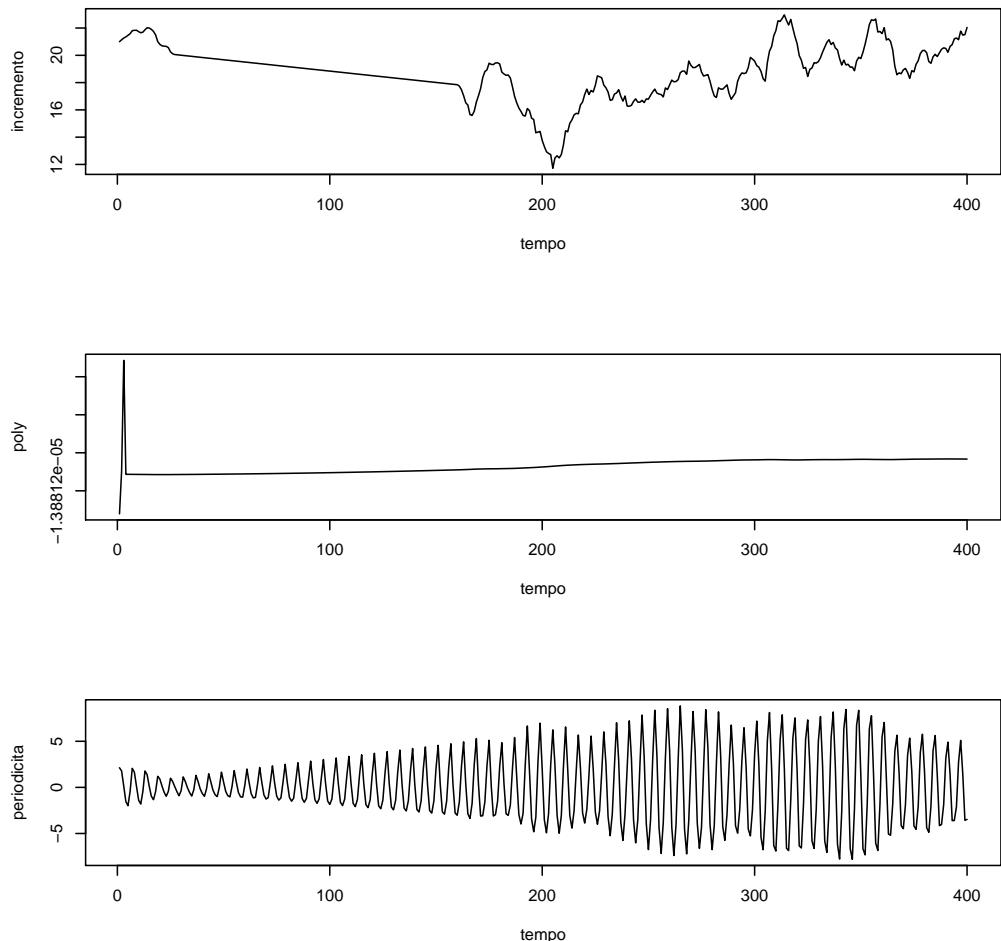


Figura 259: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 3

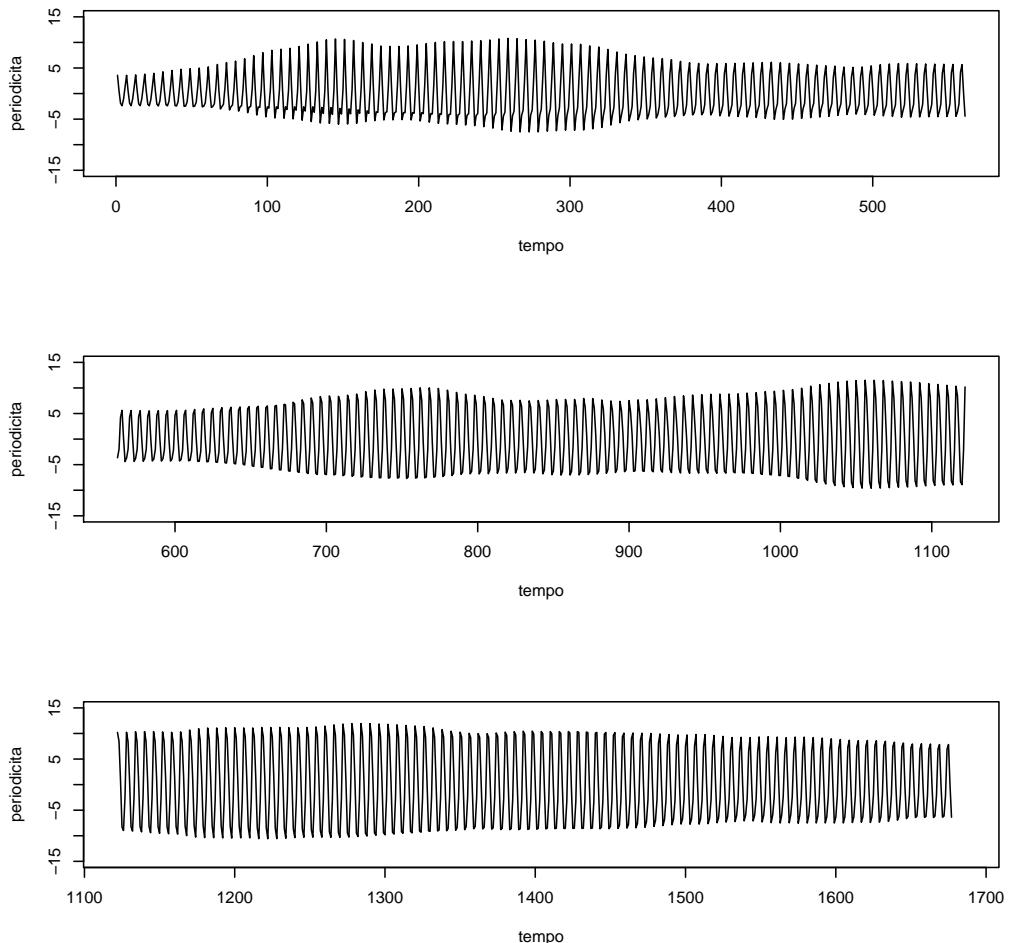


Figura 260: Componente Periodica - Tesi 3, Vigna 2

3.4.2 Slave Vigna 3 - Tesi 2

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

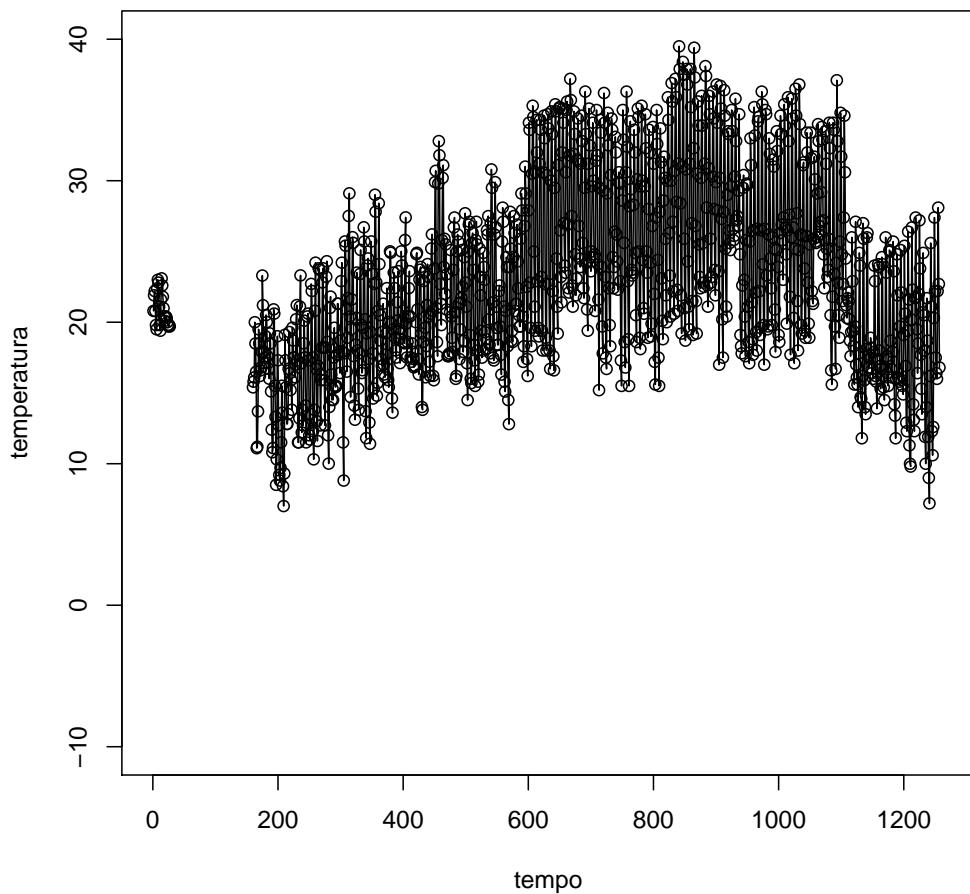


Figura 261: Dati Osservati - Tesi 2, Vigna 3

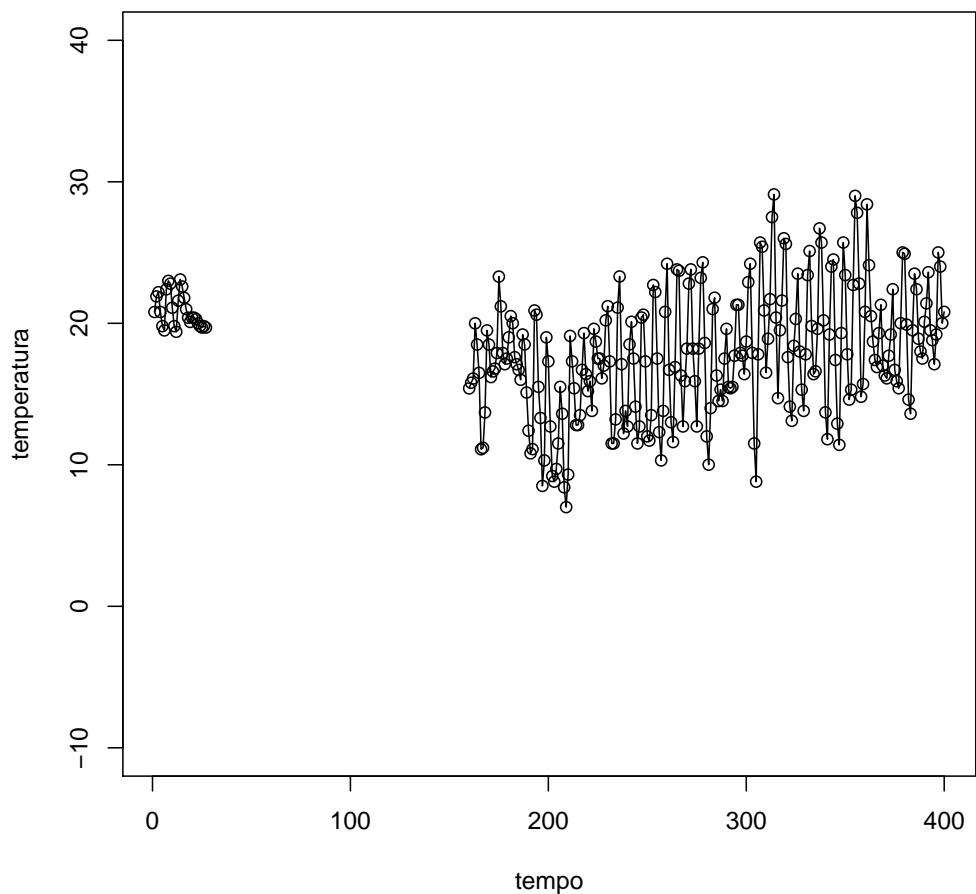


Figura 262: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 3

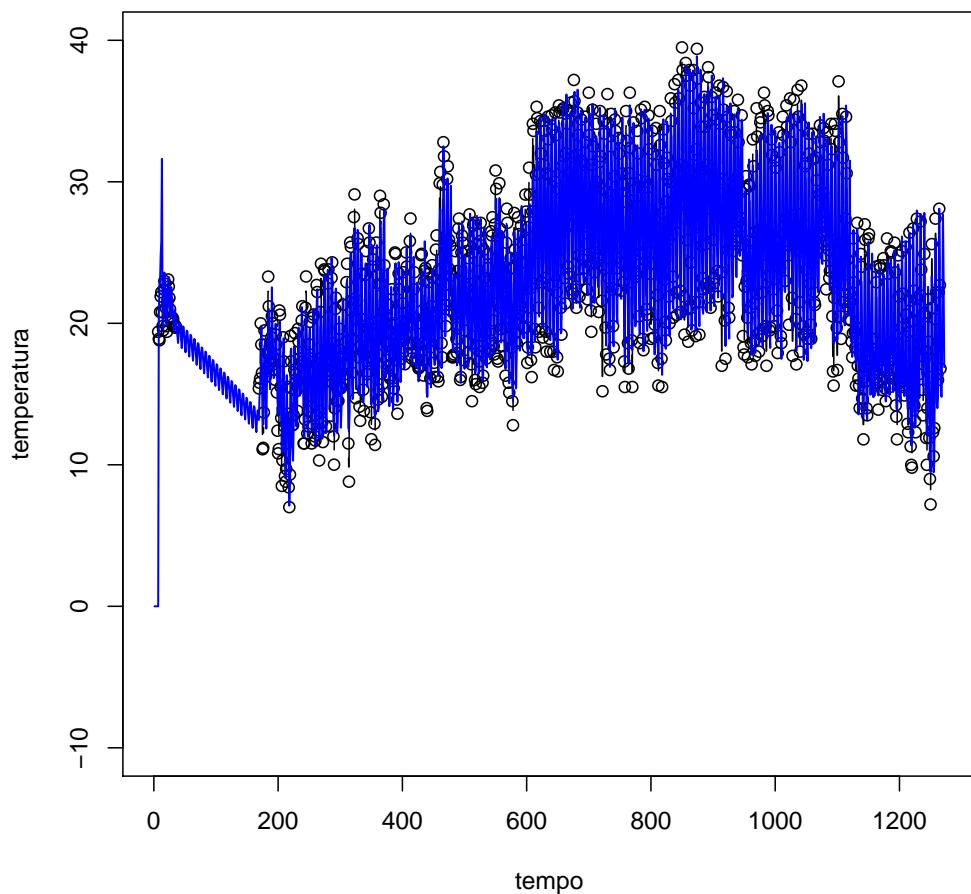


Figura 263: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 2, Vigna 3

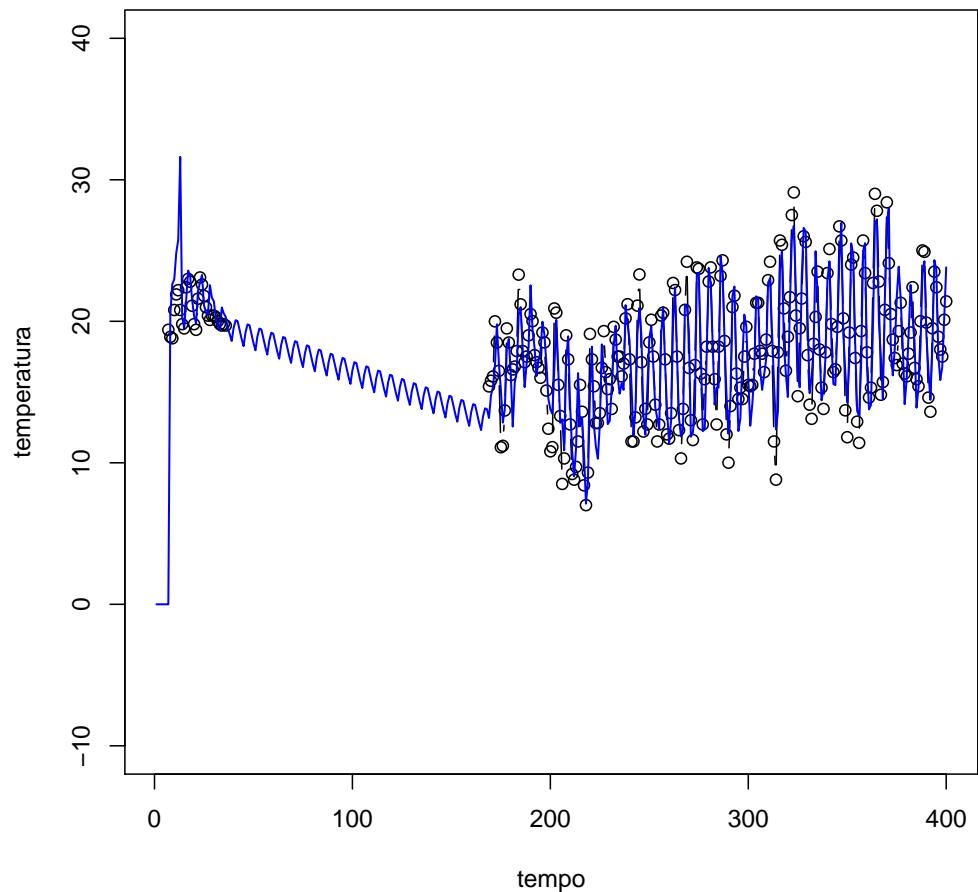


Figura 264: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 3

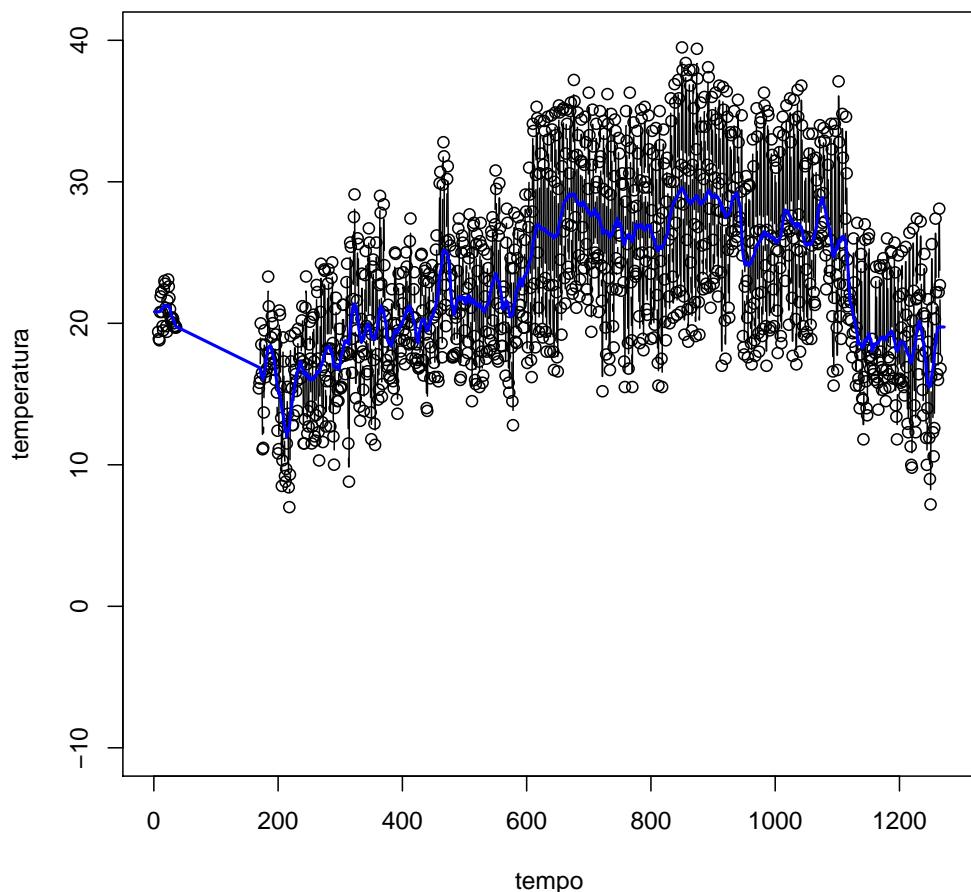


Figura 265: Smoother di Kalman - Tesi 2, Vigna 3

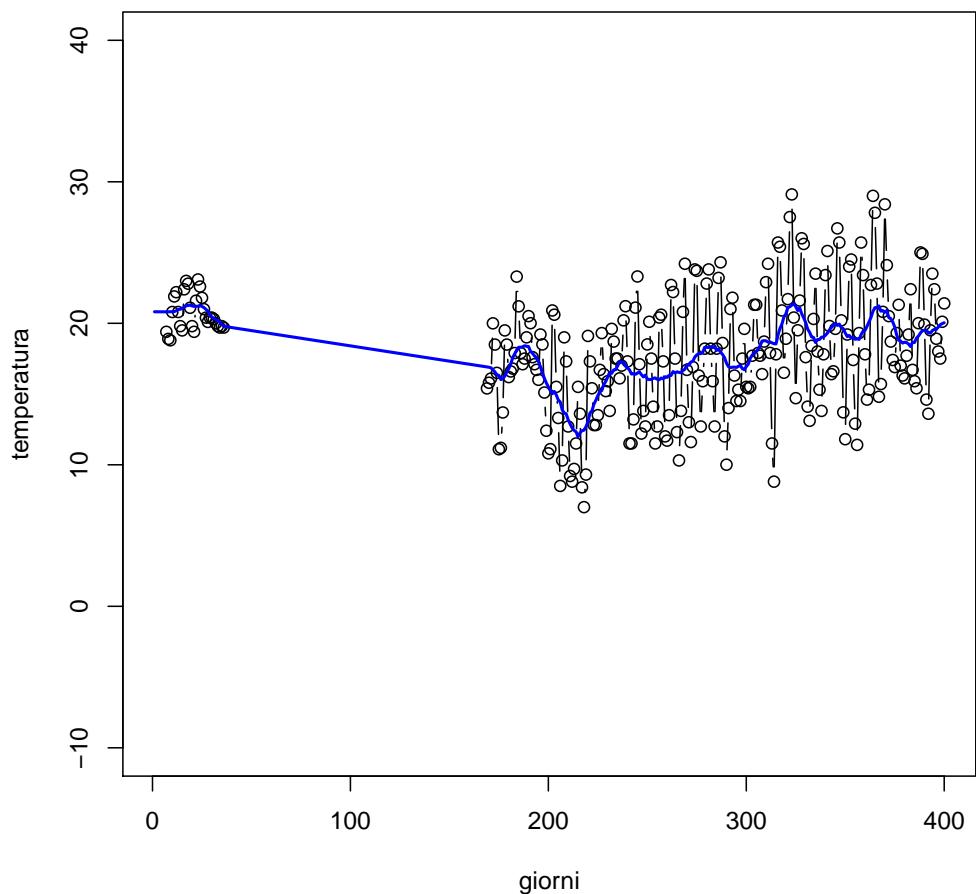


Figura 266: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 3

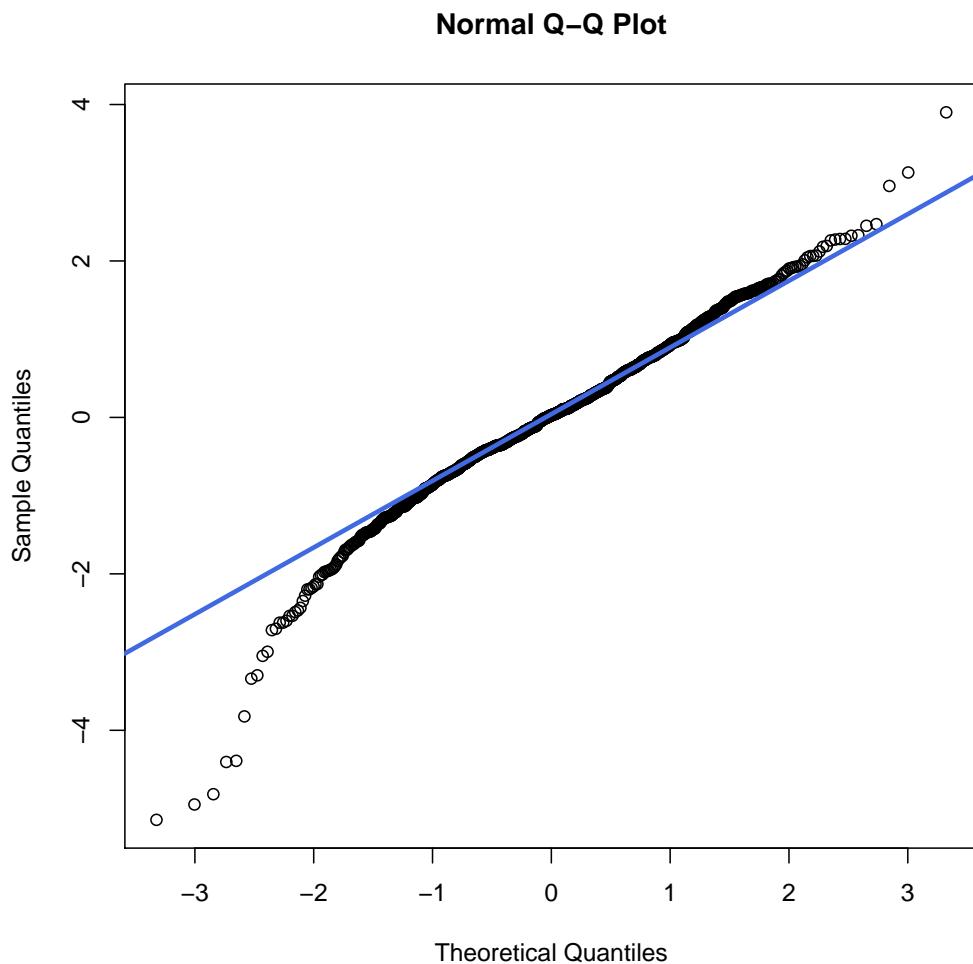


Figura 267: Q-Qplot - Tesi 2, Vigna 3

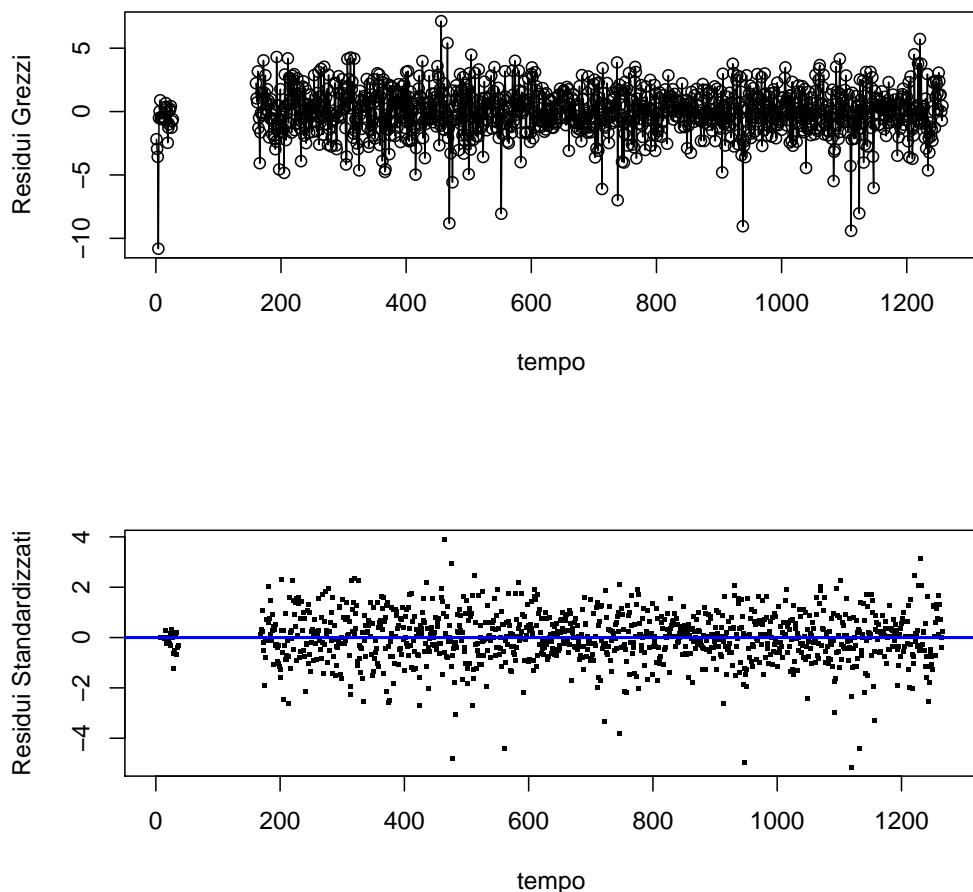


Figura 268: Analisi dei Residui - Tesi 2, Vigna 3

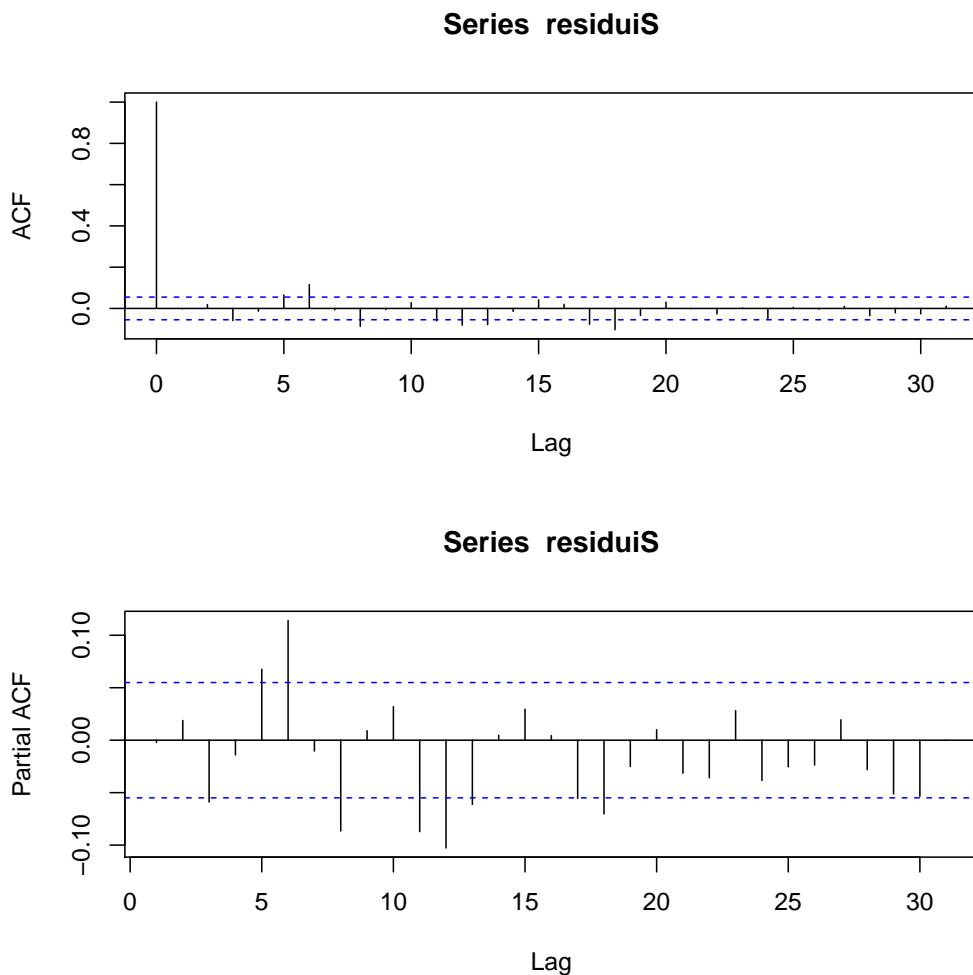


Figura 269: Grafici ACF e PACF - Tesi 2, Vigna 3

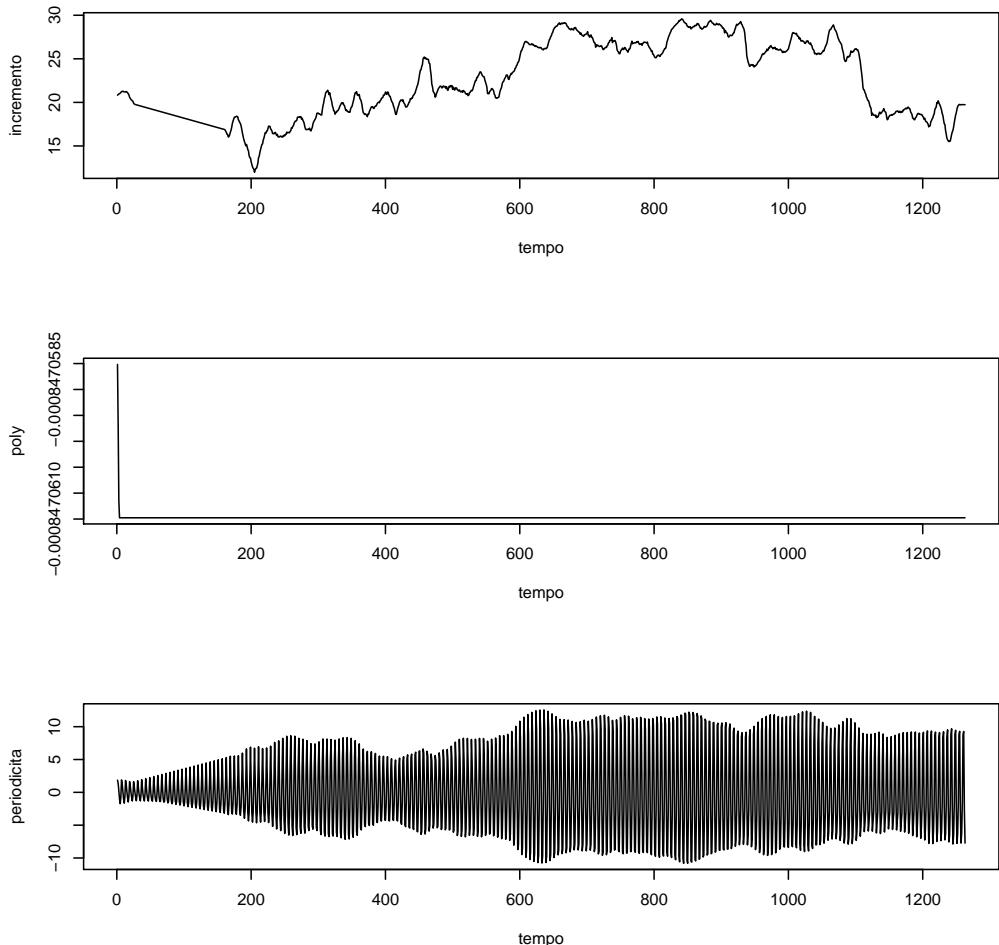


Figura 270: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 2, Vigna 3

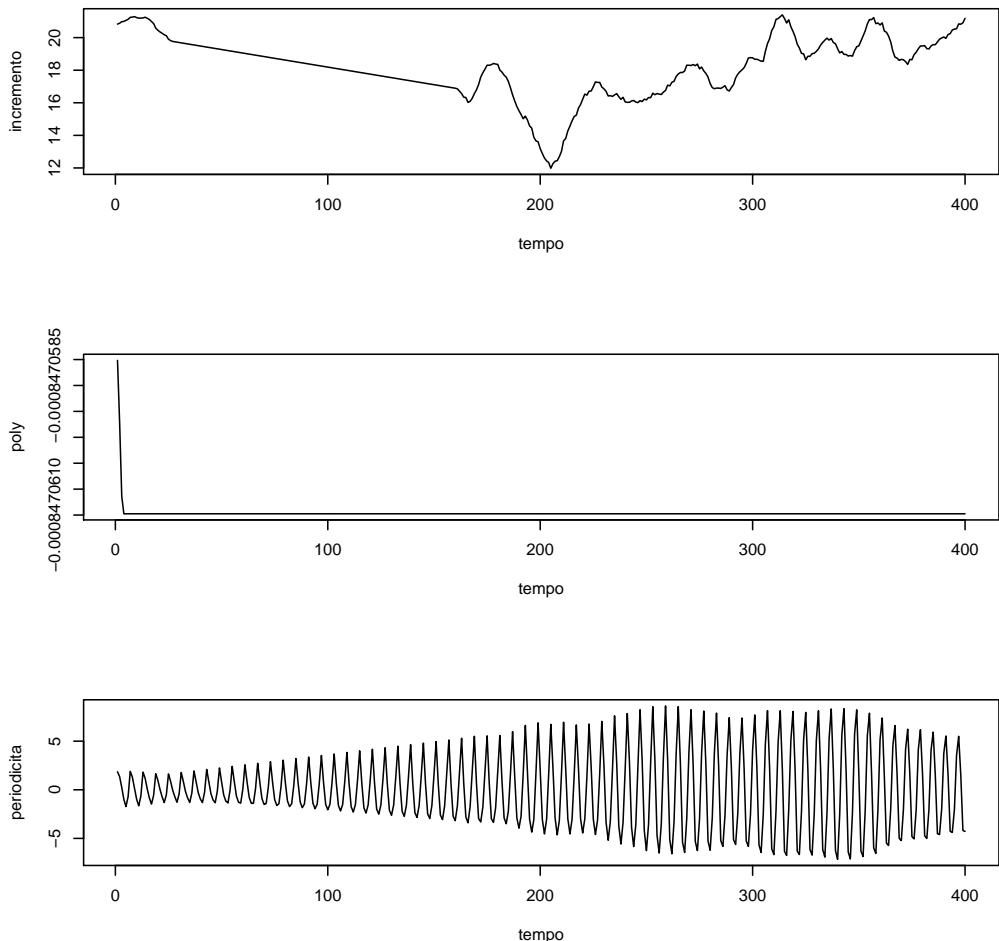


Figura 271: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 3

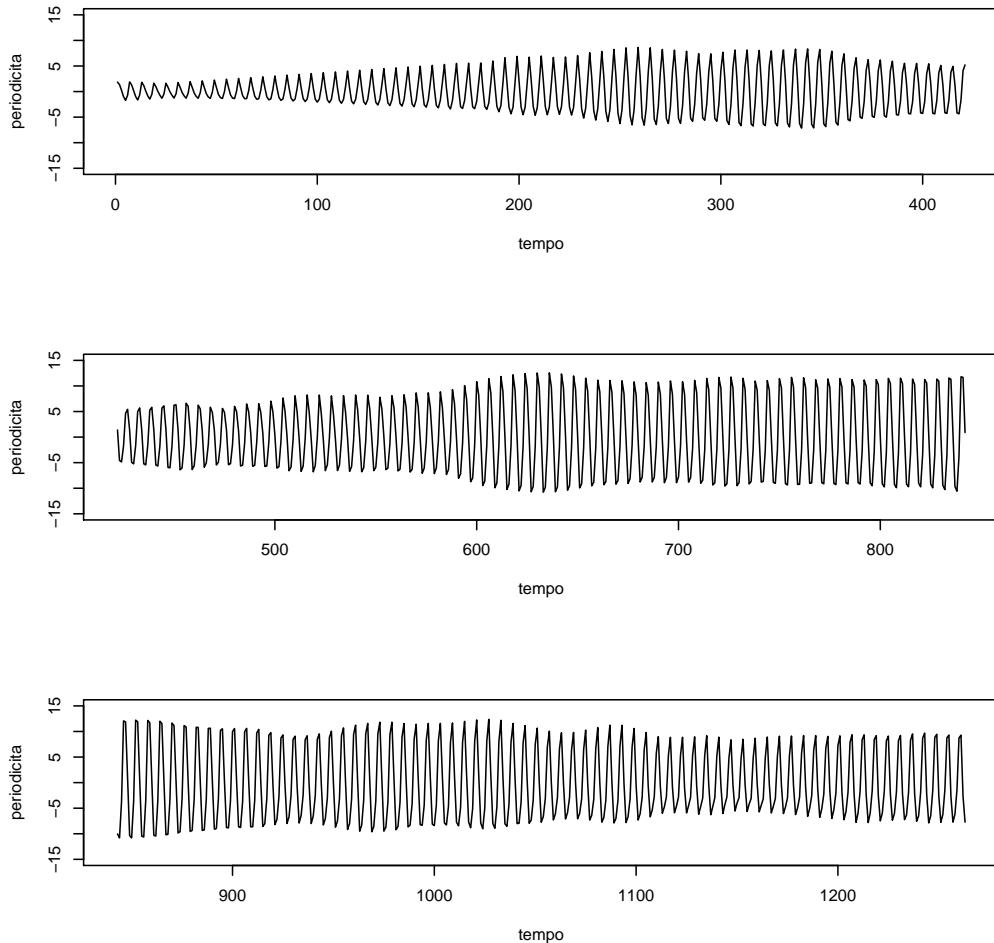


Figura 272: Componente Periodica - Tesi 2, Vigna 3

3.4.3 Slave Vigna 3 - Tesi 3

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

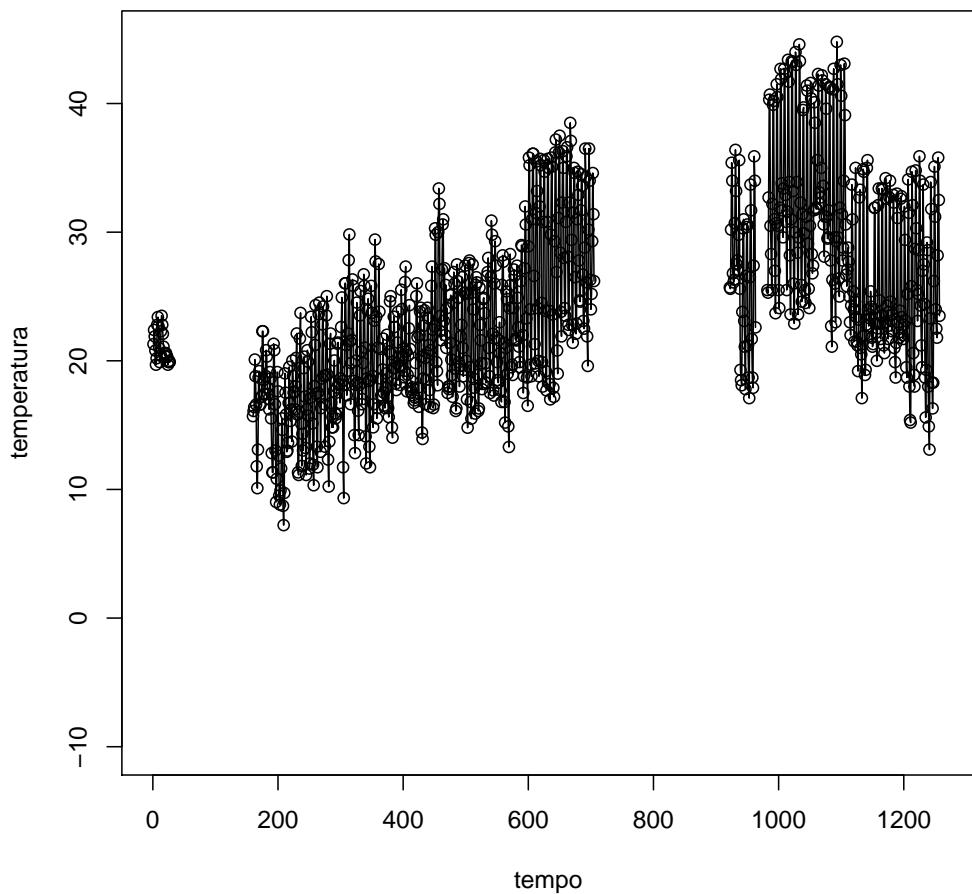


Figura 273: Dati Osservati - Tesi 3, Vigna 3

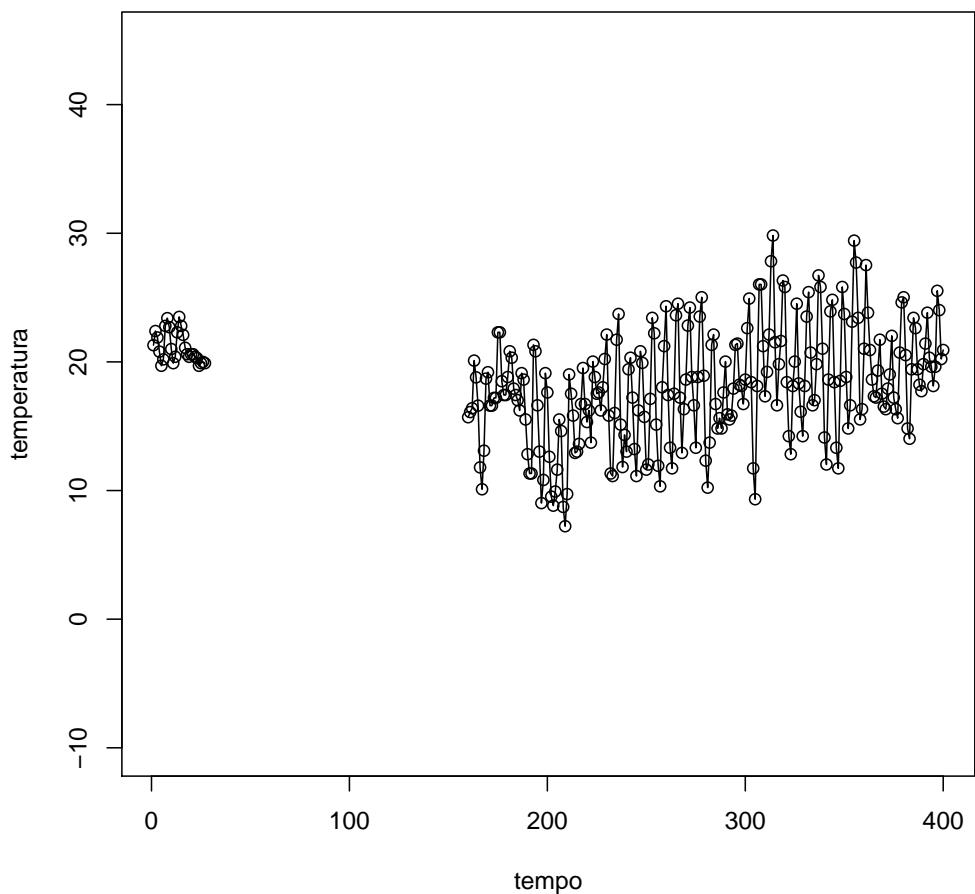


Figura 274: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 3

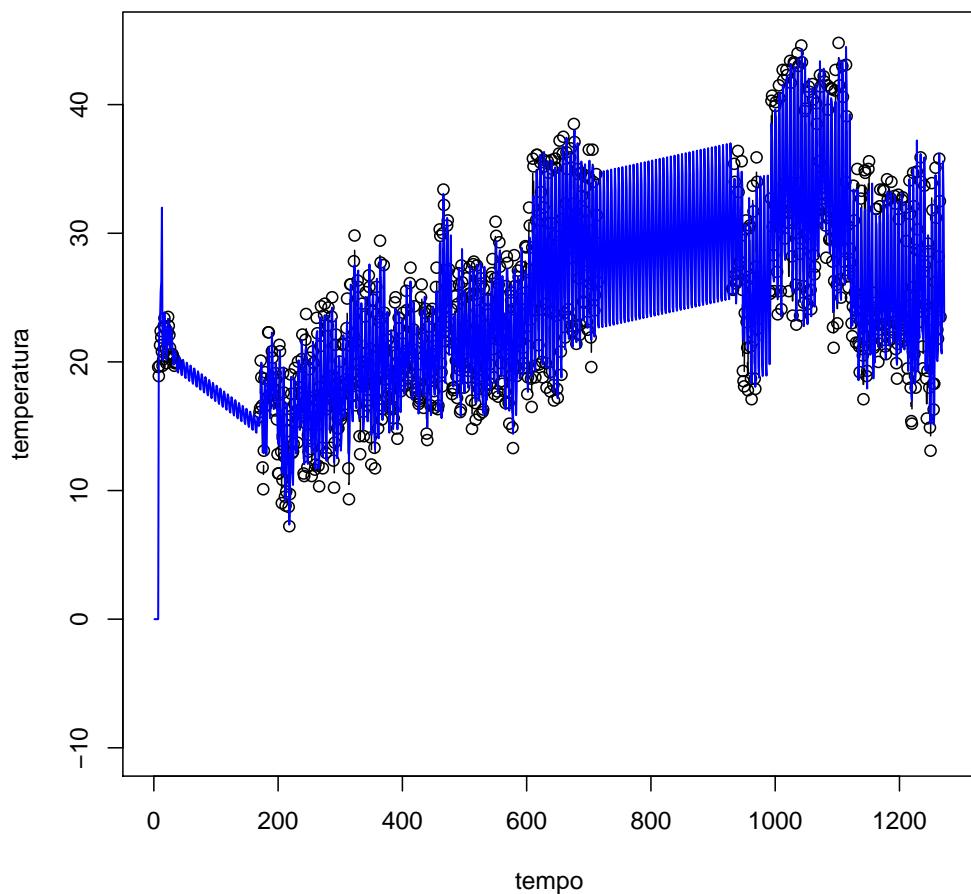


Figura 275: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 3, Vigna 3

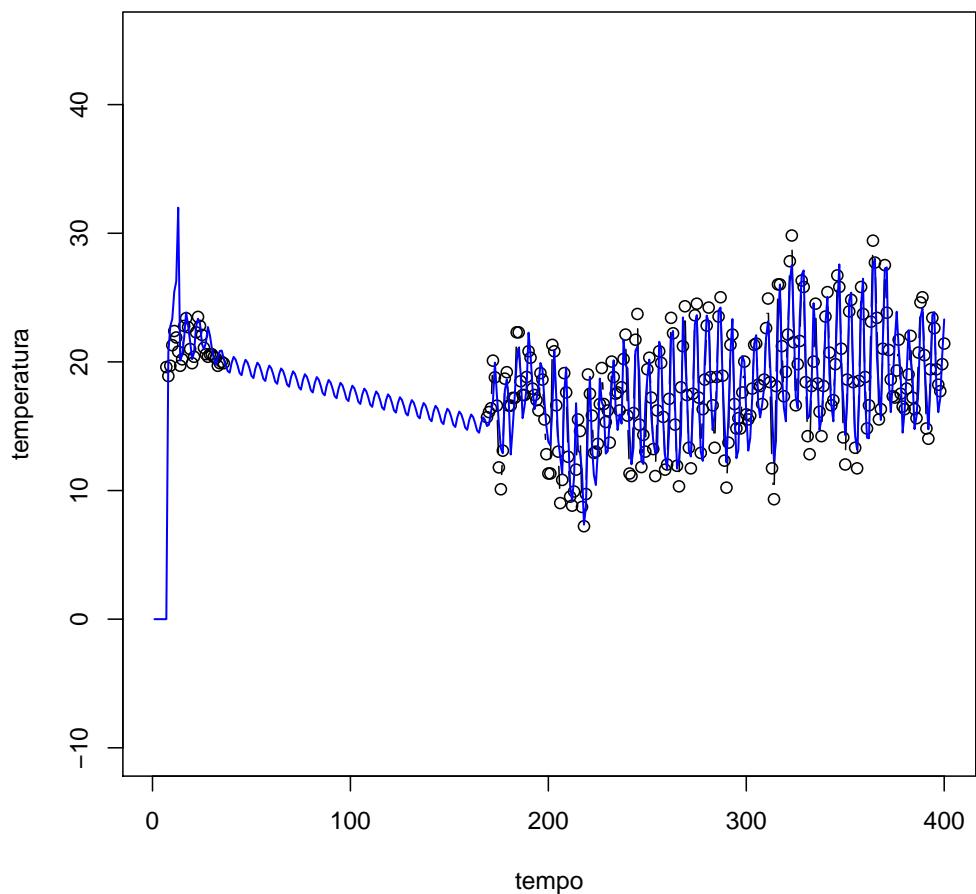


Figura 276: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 3

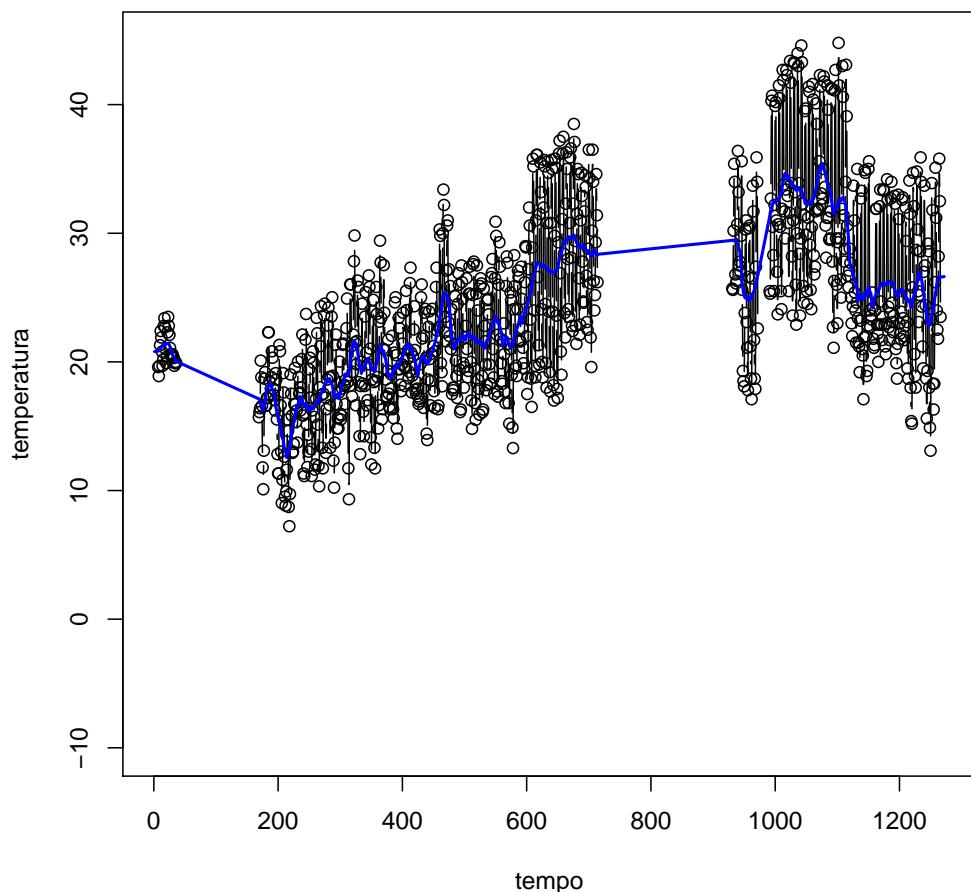


Figura 277: Smoother di Kalman - Tesi 3, Vigna 3

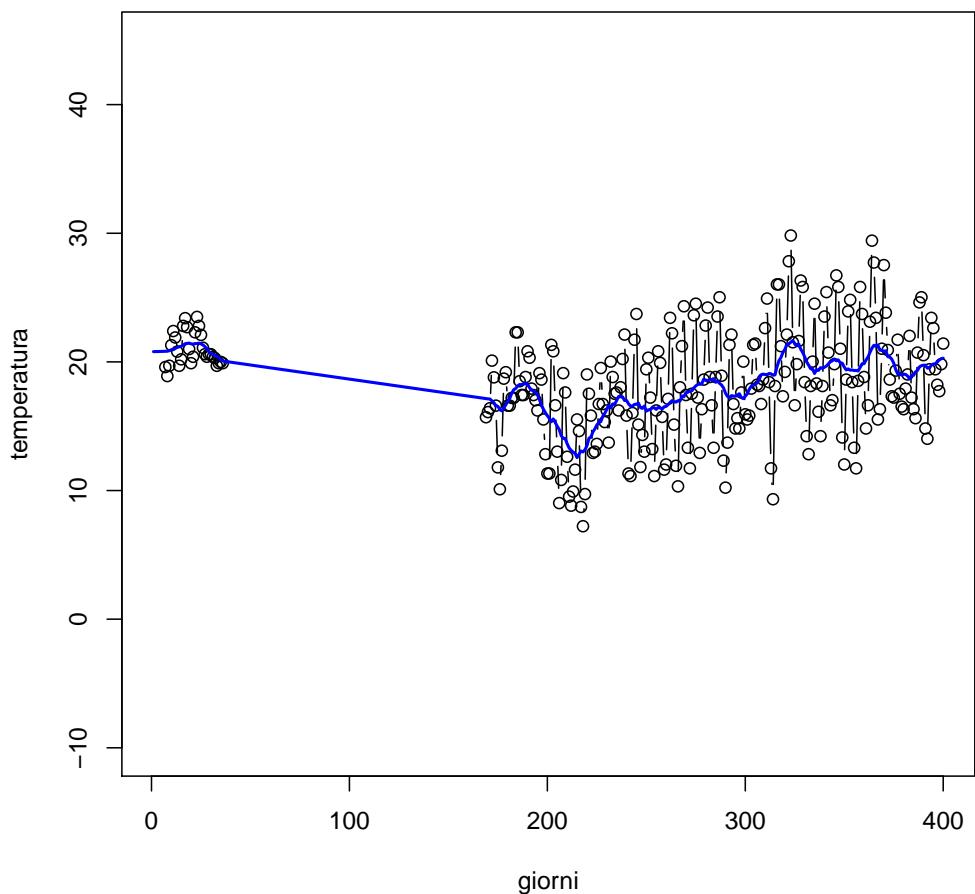


Figura 278: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 3

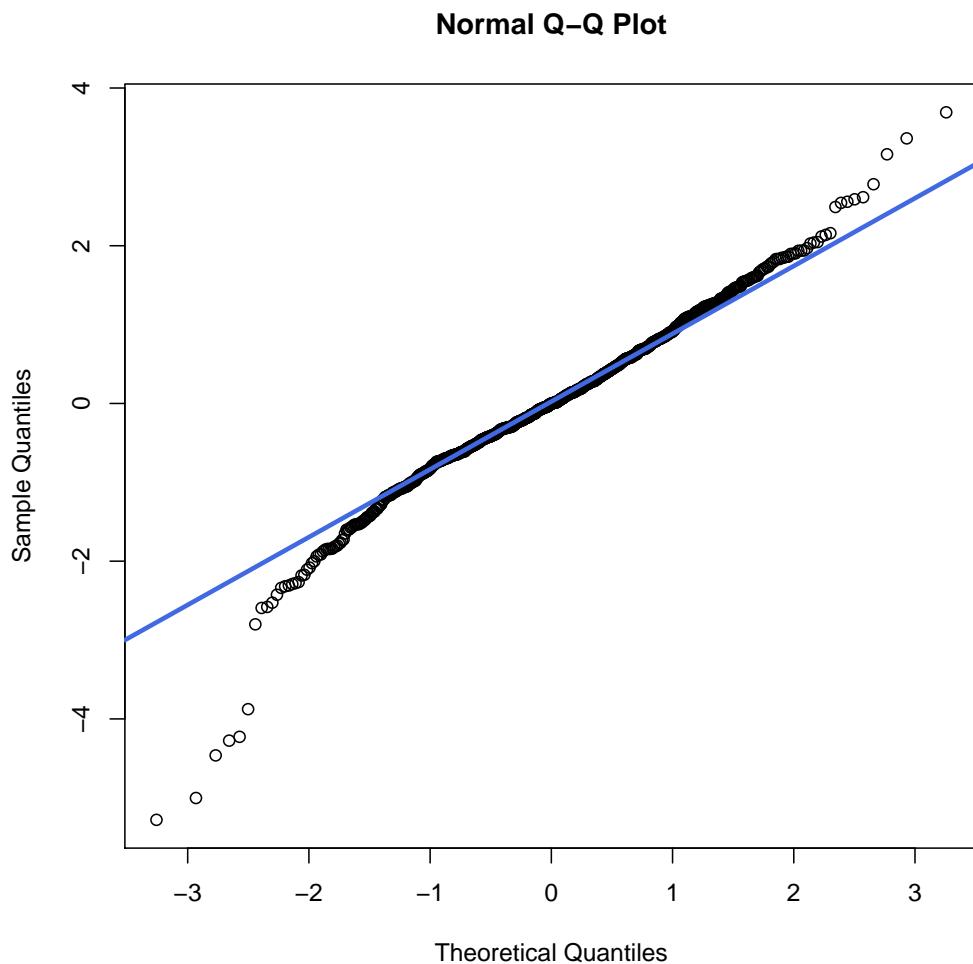


Figura 279: Q-Qplot - Tesi 3, Vigna 3

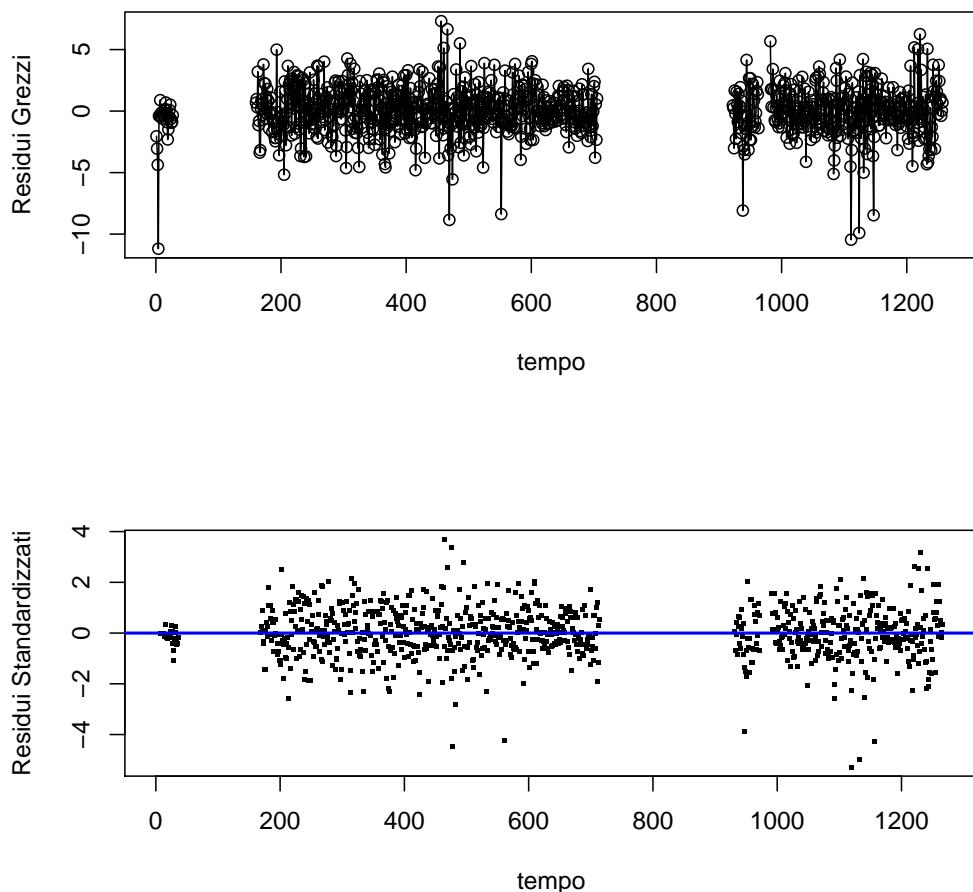


Figura 280: Analisi dei Residui - Tesi 3, Vigna 3

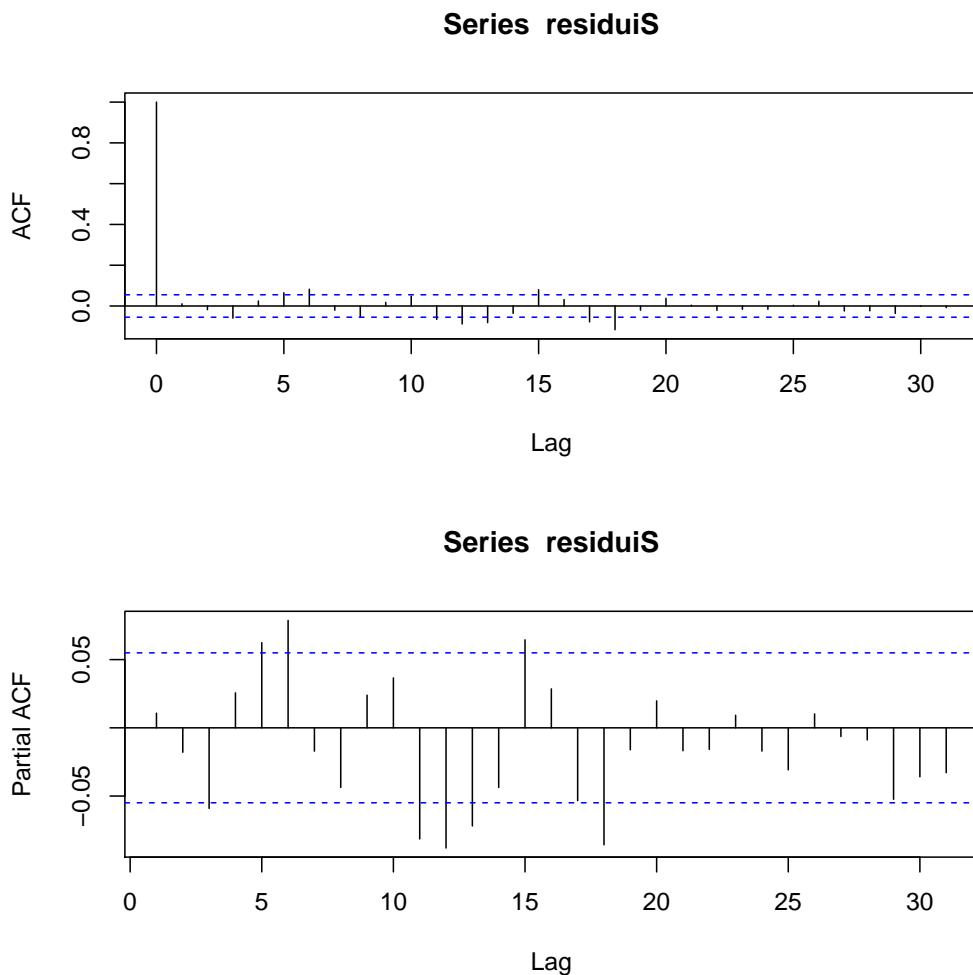


Figura 281: Grafici ACF e PACF - Tesi 3, Vigna 3

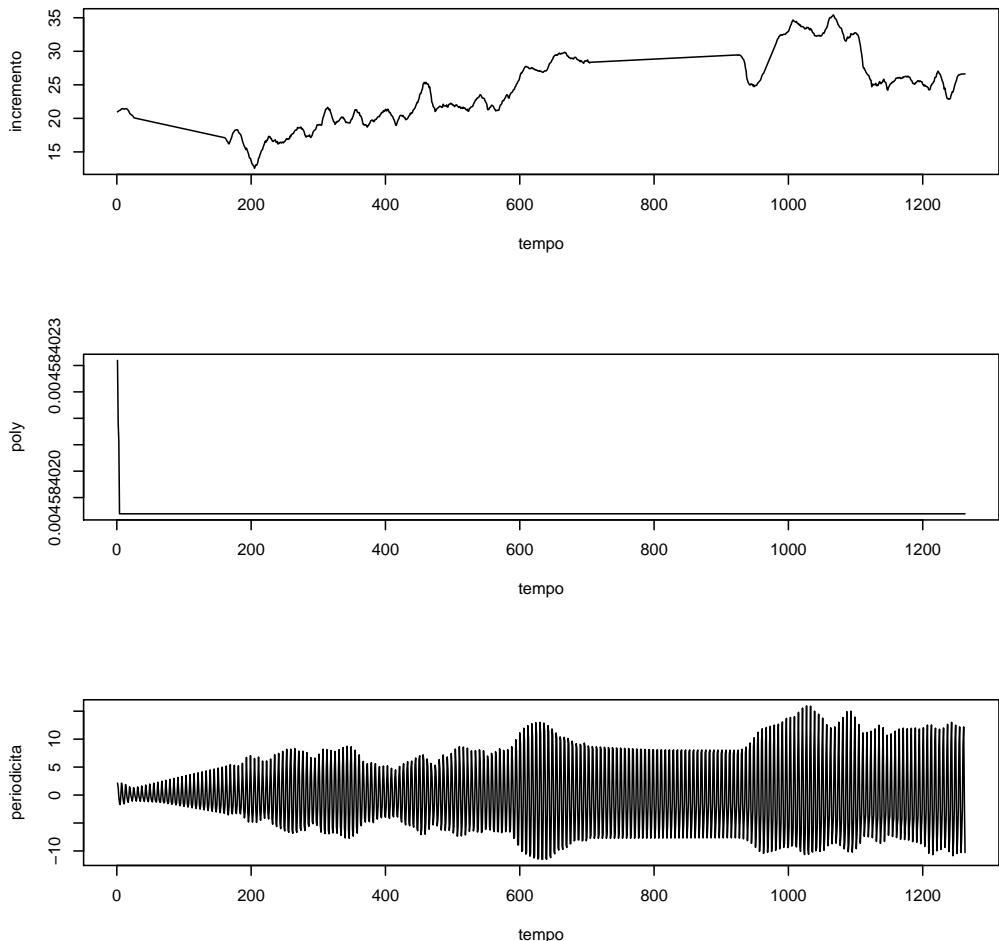


Figura 282: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 3, Vigna 3

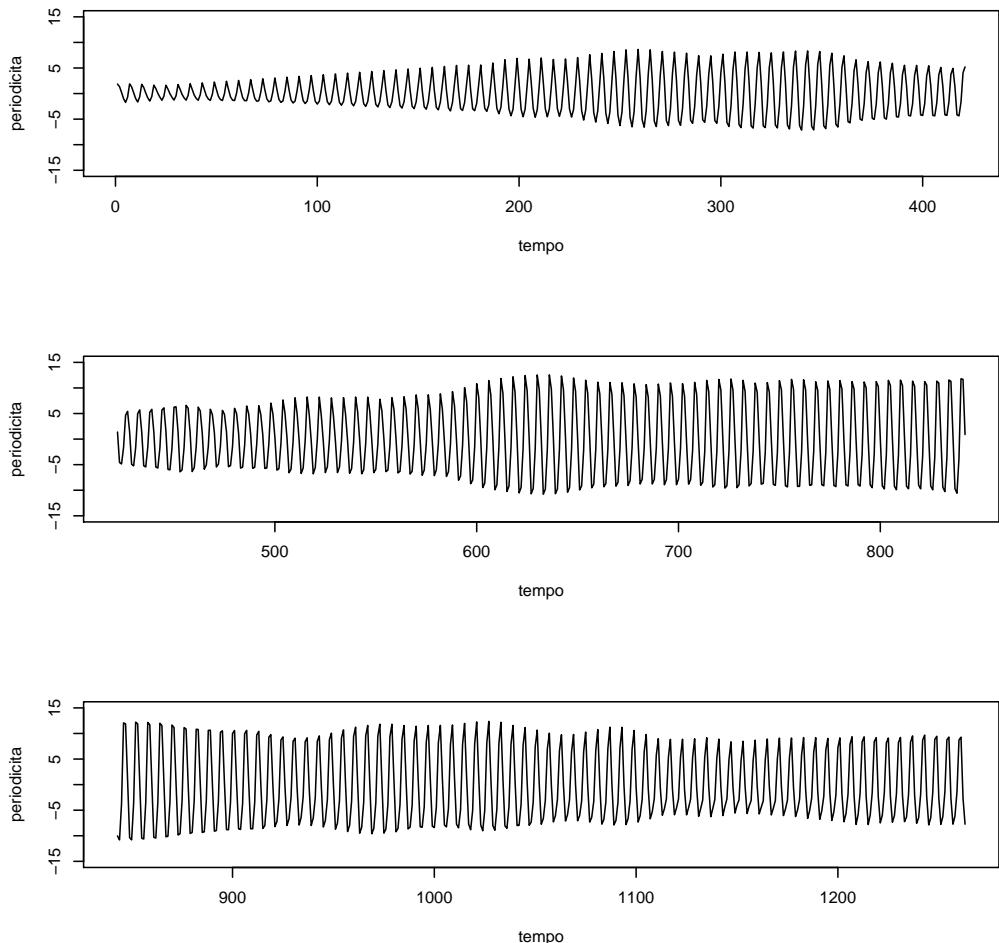


Figura 283: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 3

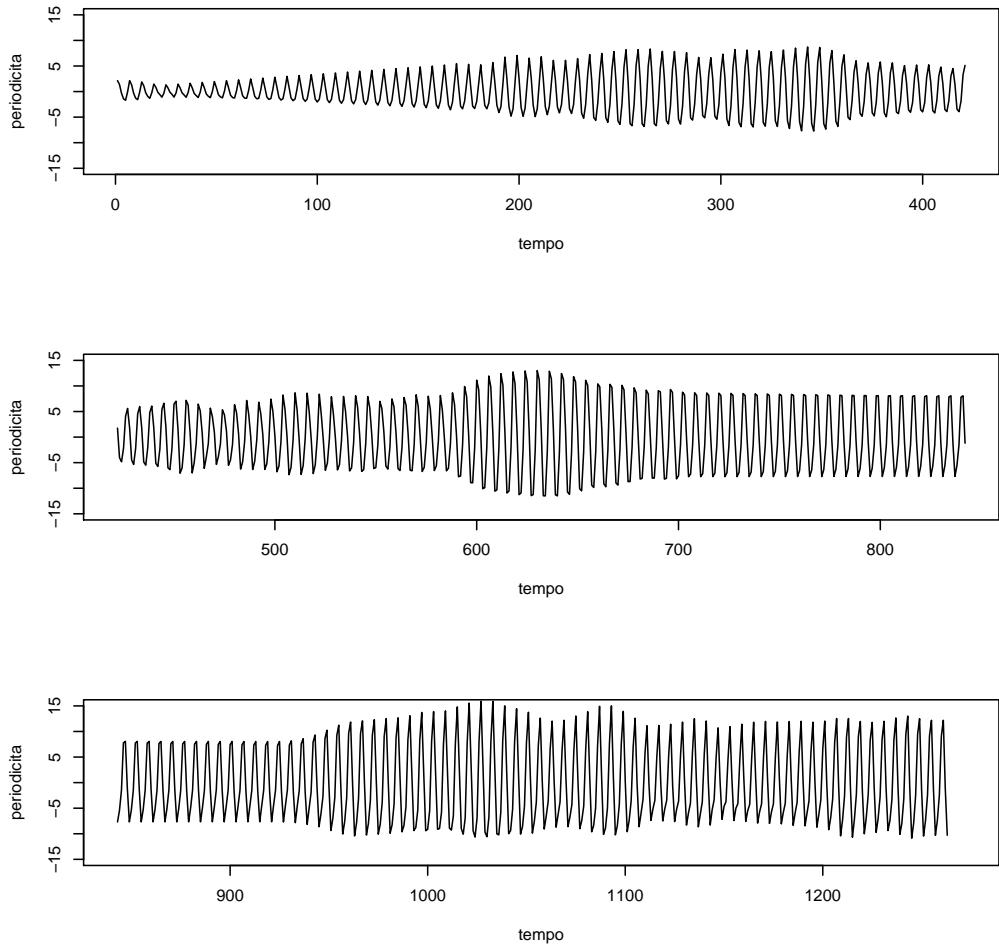


Figura 284: Componente Periodica - Tesi 3, Vigna 3

3.4.4 Slave Vigna 3 - Tesi 4

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

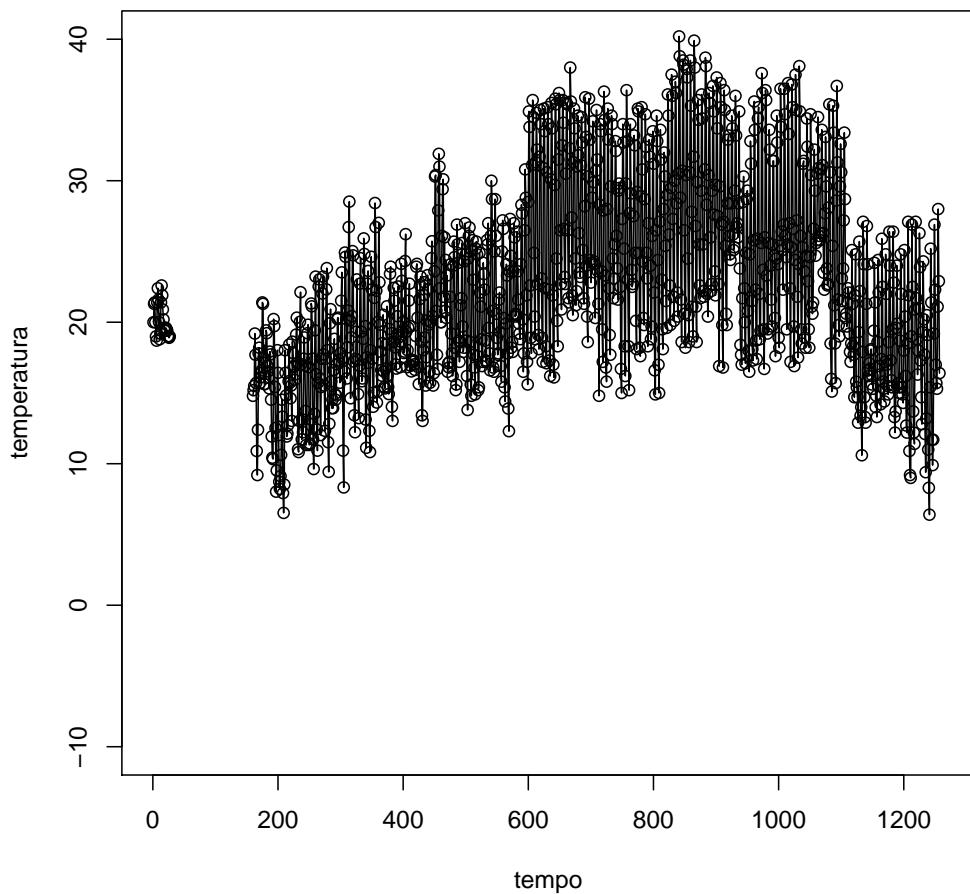


Figura 285: Dati Osservati - Tesi 4, Vigna 3

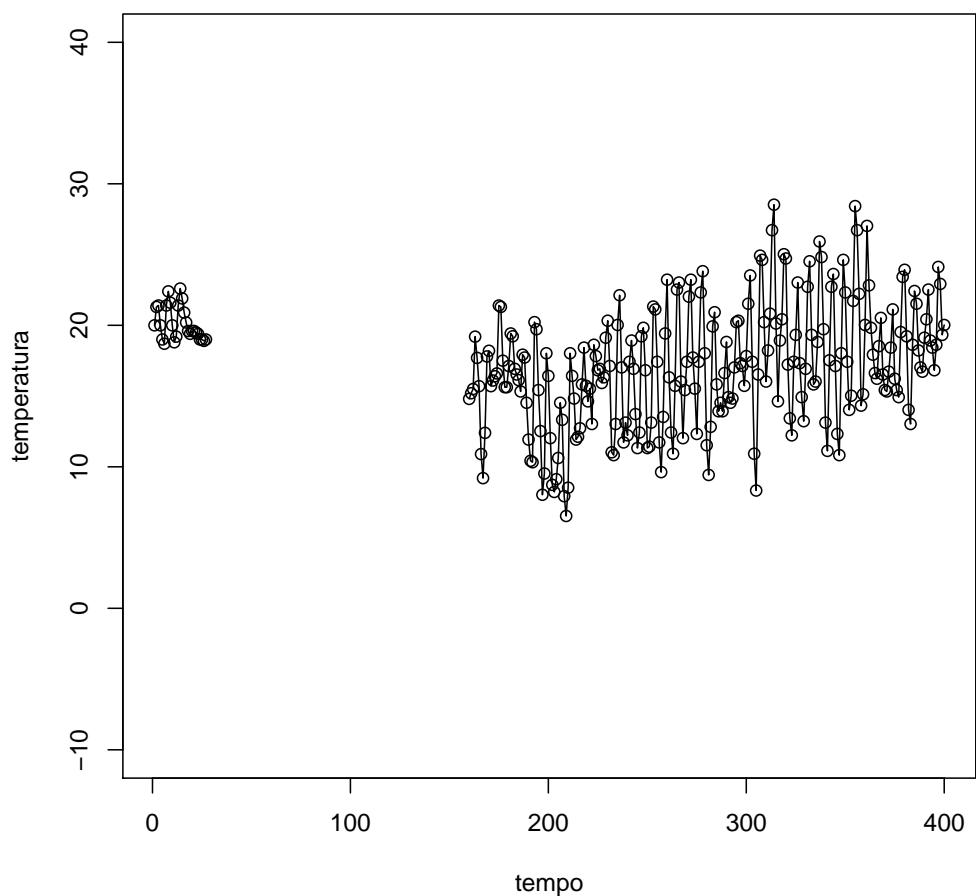


Figura 286: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 3

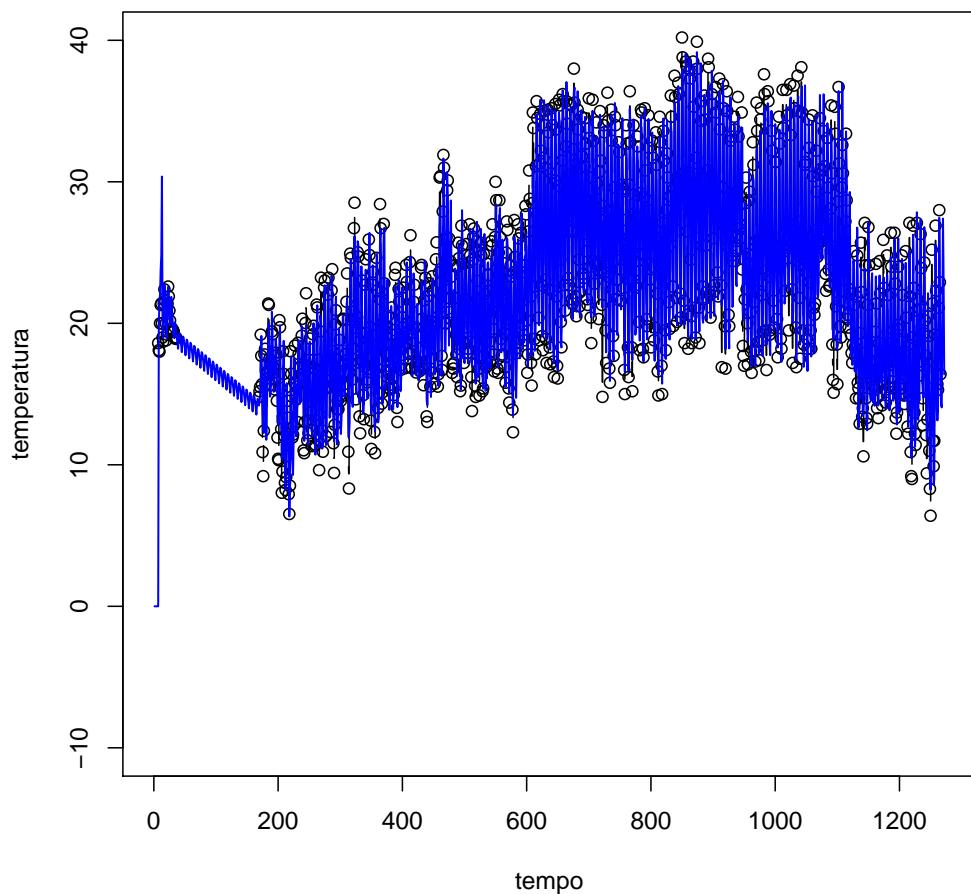


Figura 287: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 4, Vigna 3

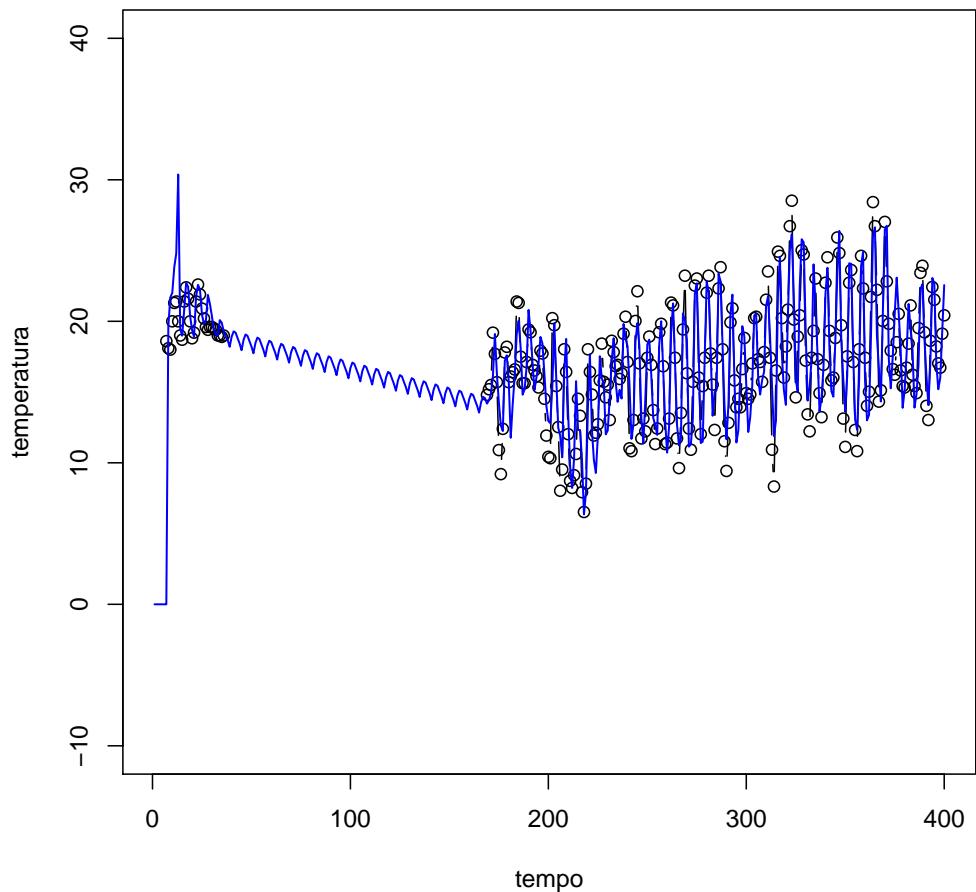


Figura 288: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 3

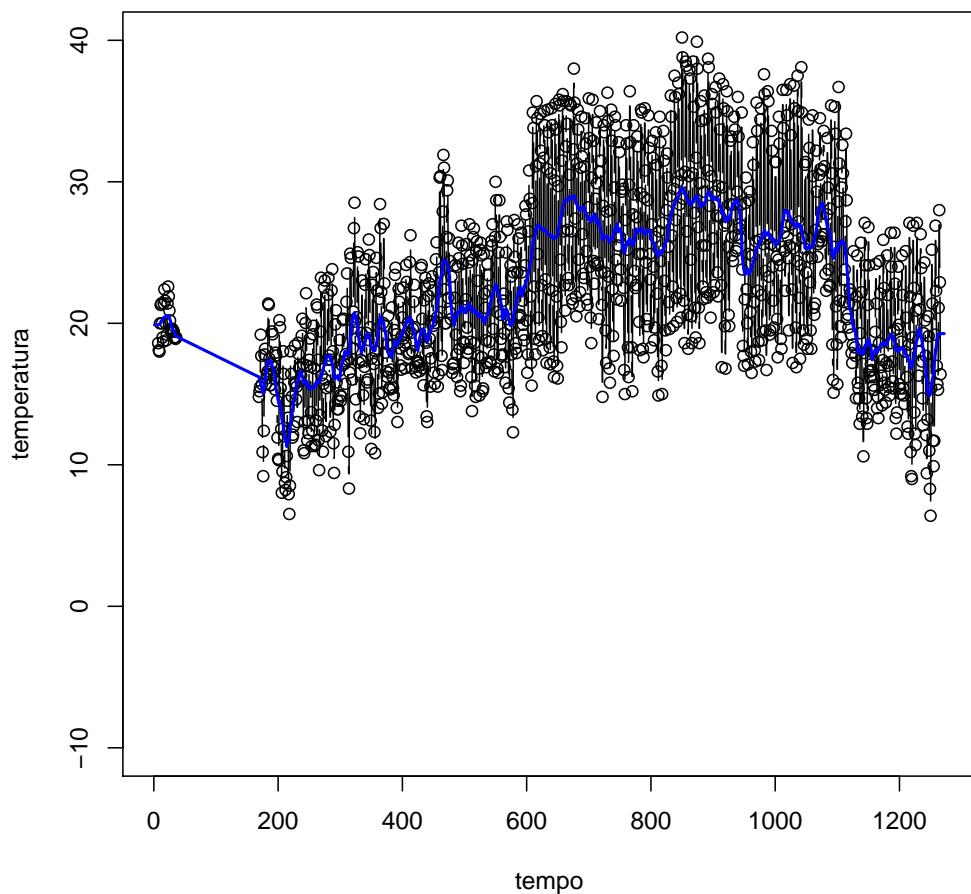


Figura 289: Smoother di Kalman - Tesi 4, Vigna 3

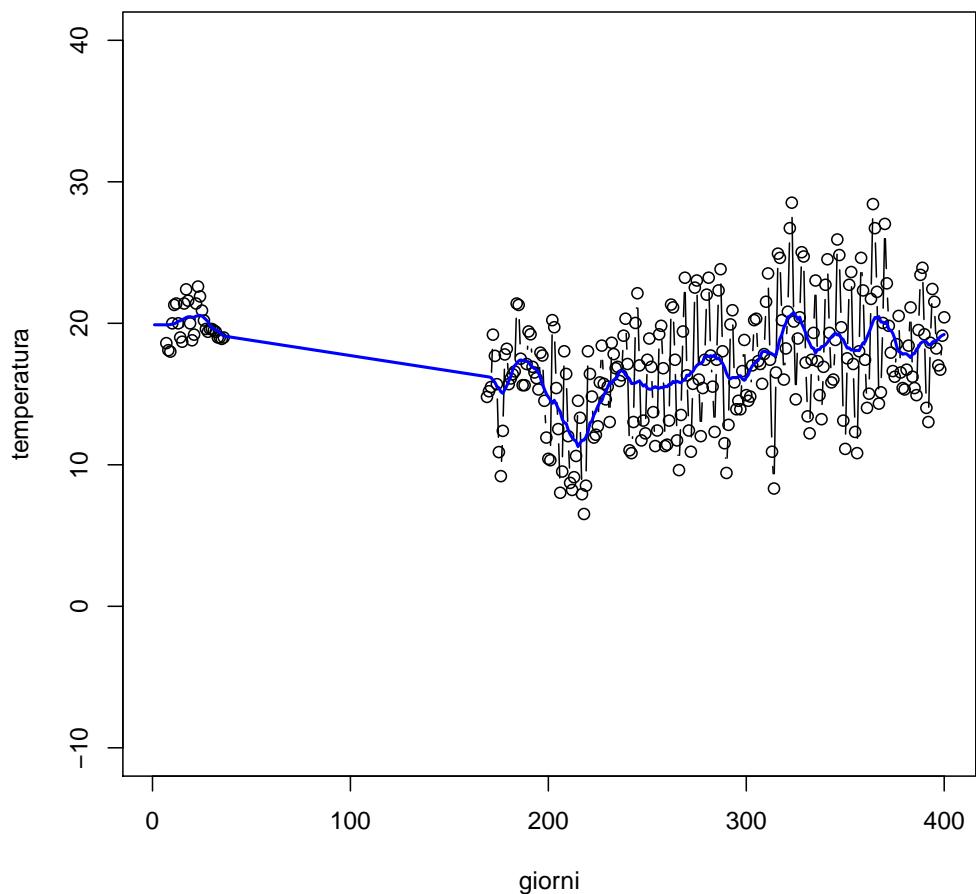


Figura 290: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 3

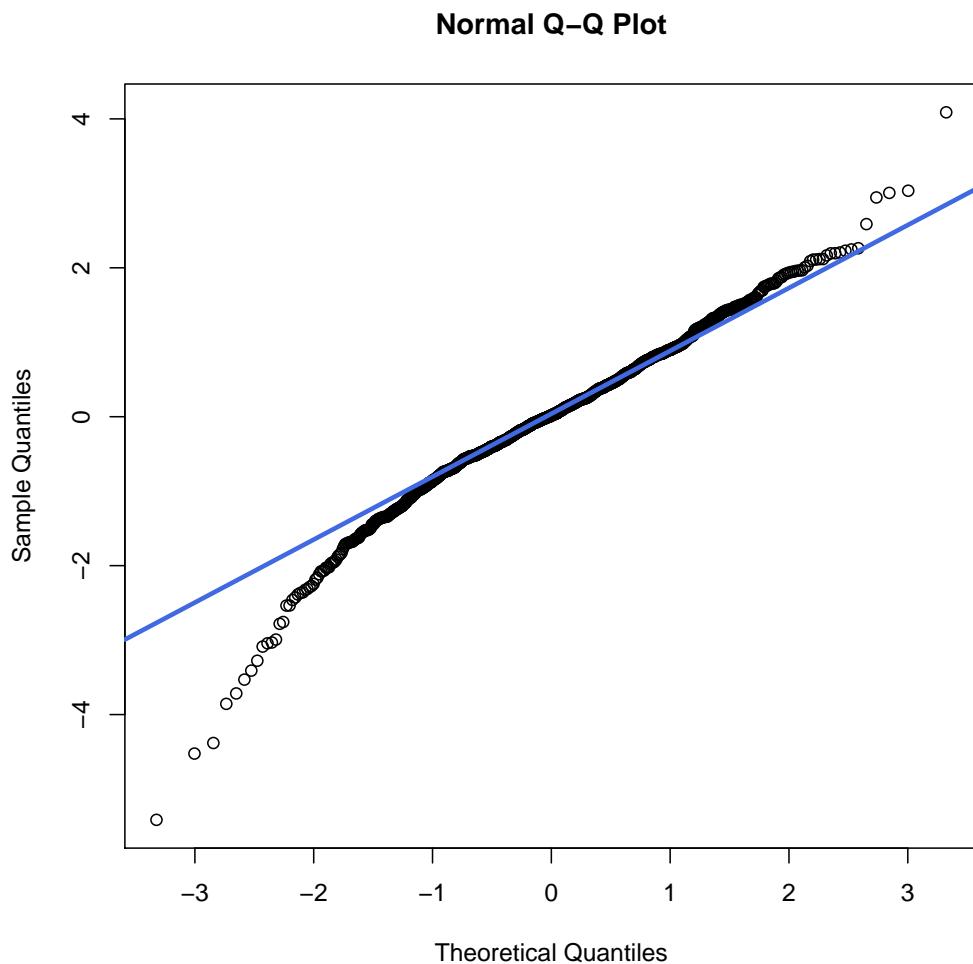


Figura 291: Q-Qplot - Tesi 4, Vigna 3

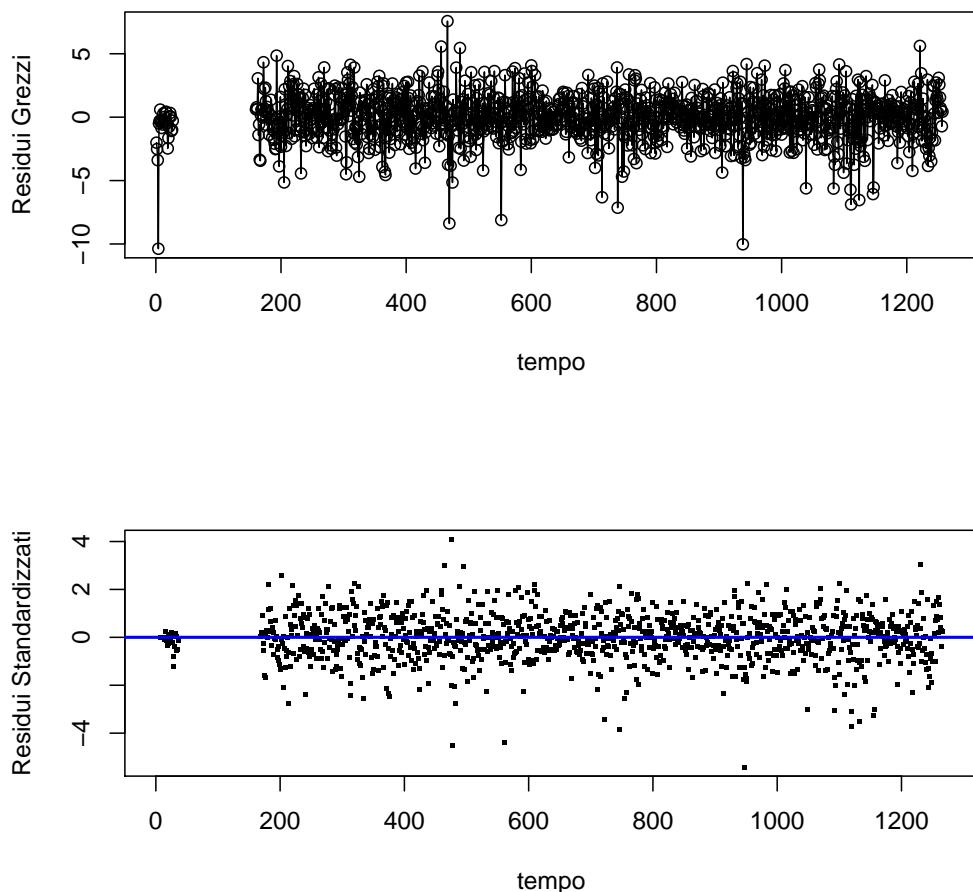


Figura 292: Analisi dei Residui - Tesi 4, Vigna 3

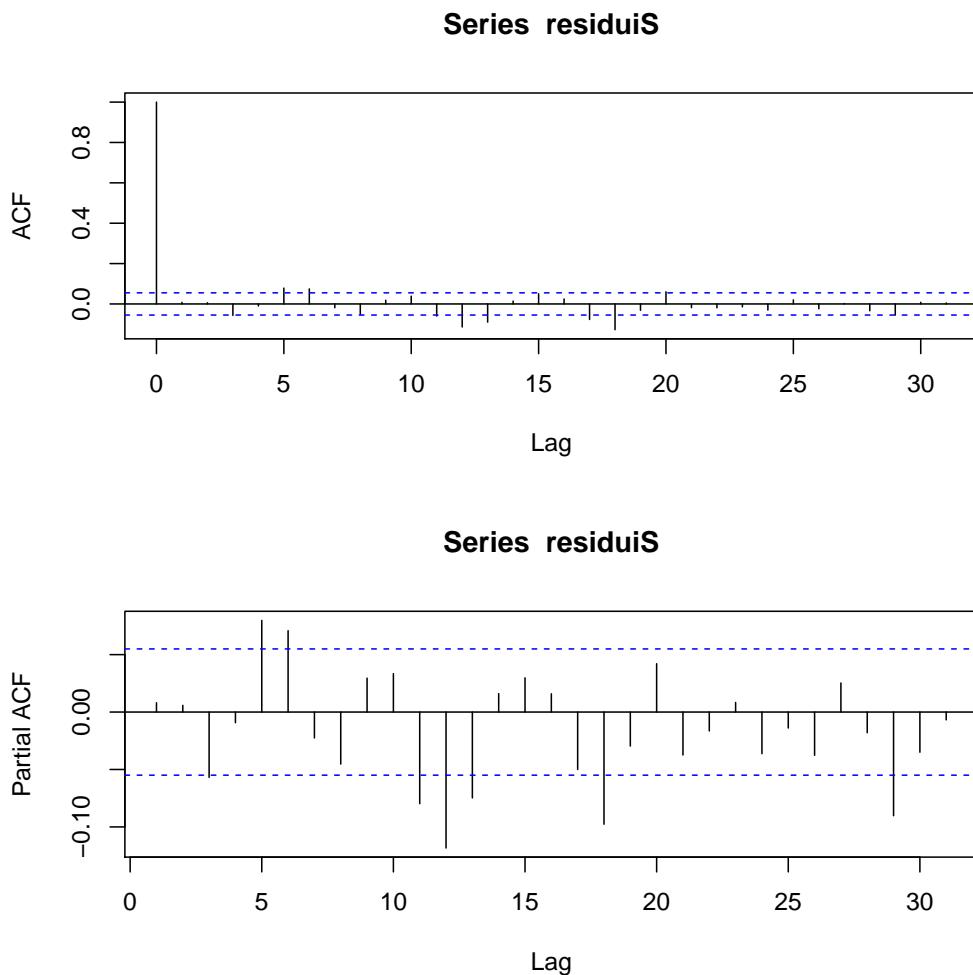


Figura 293: Grafici ACF e PACF - Tesi 4, Vigna 3

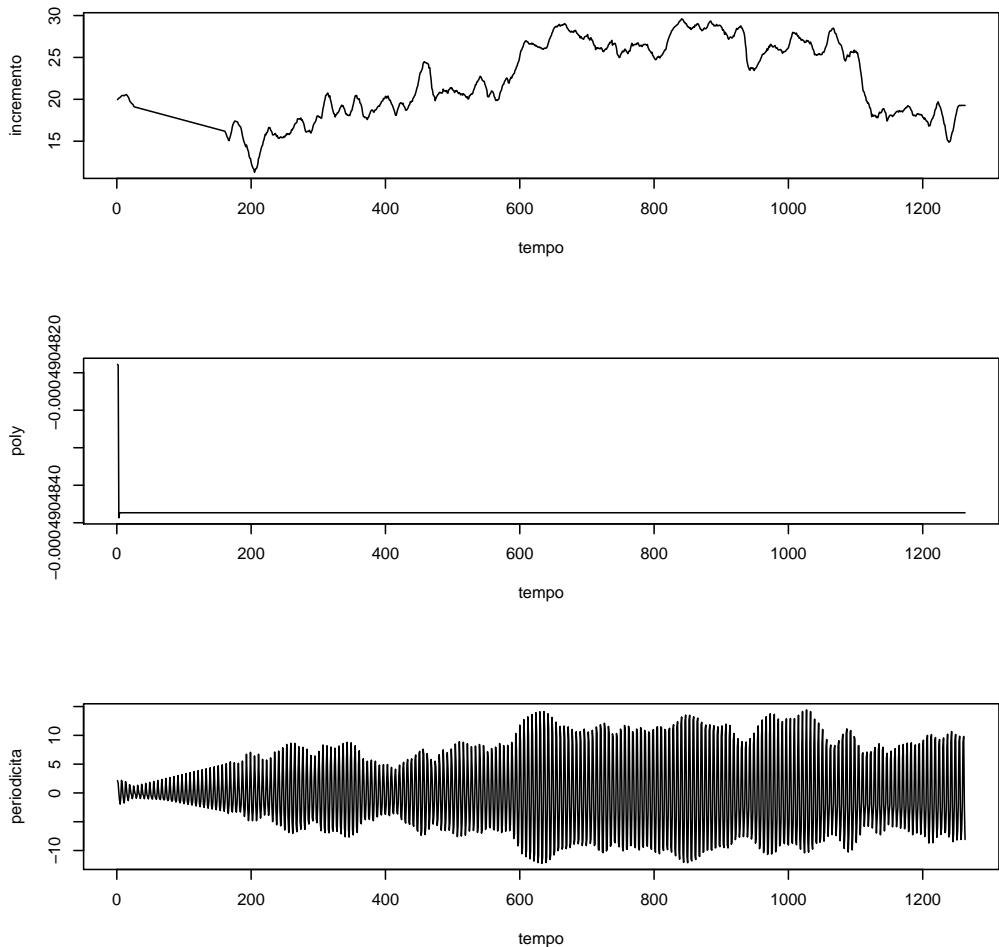


Figura 294: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 4, Vigna 3

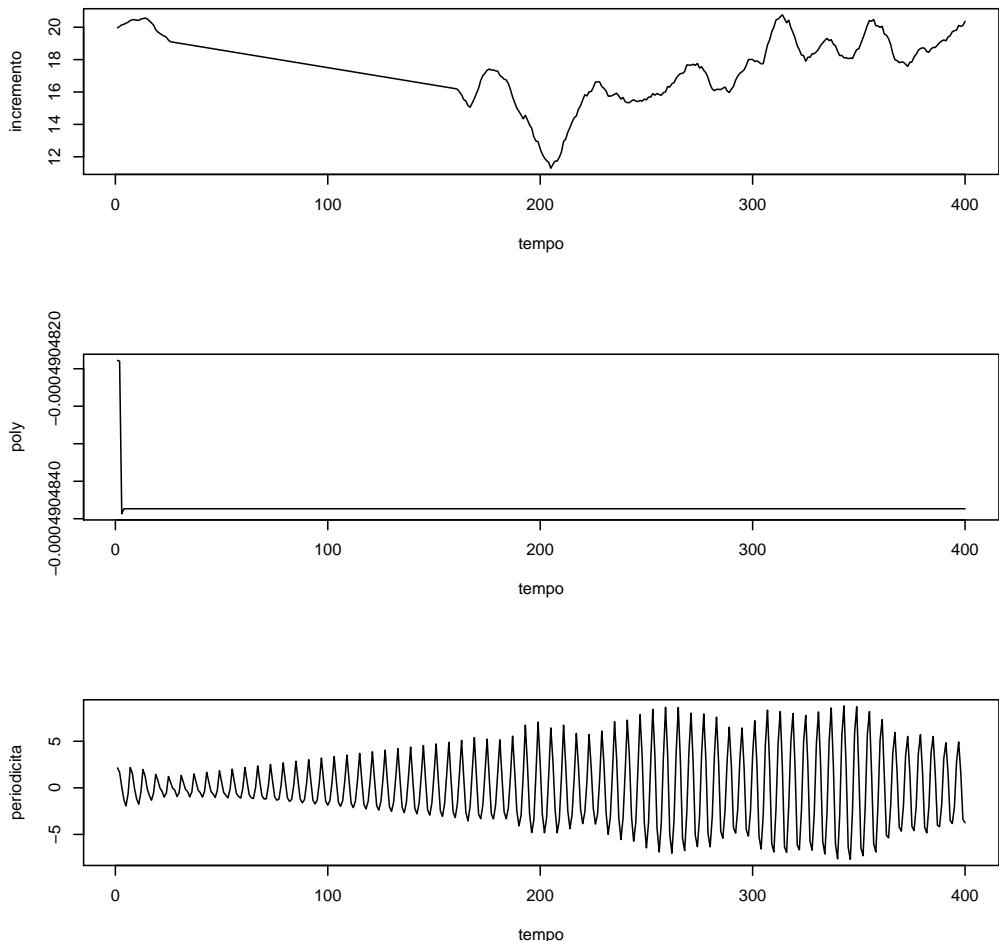


Figura 295: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 3

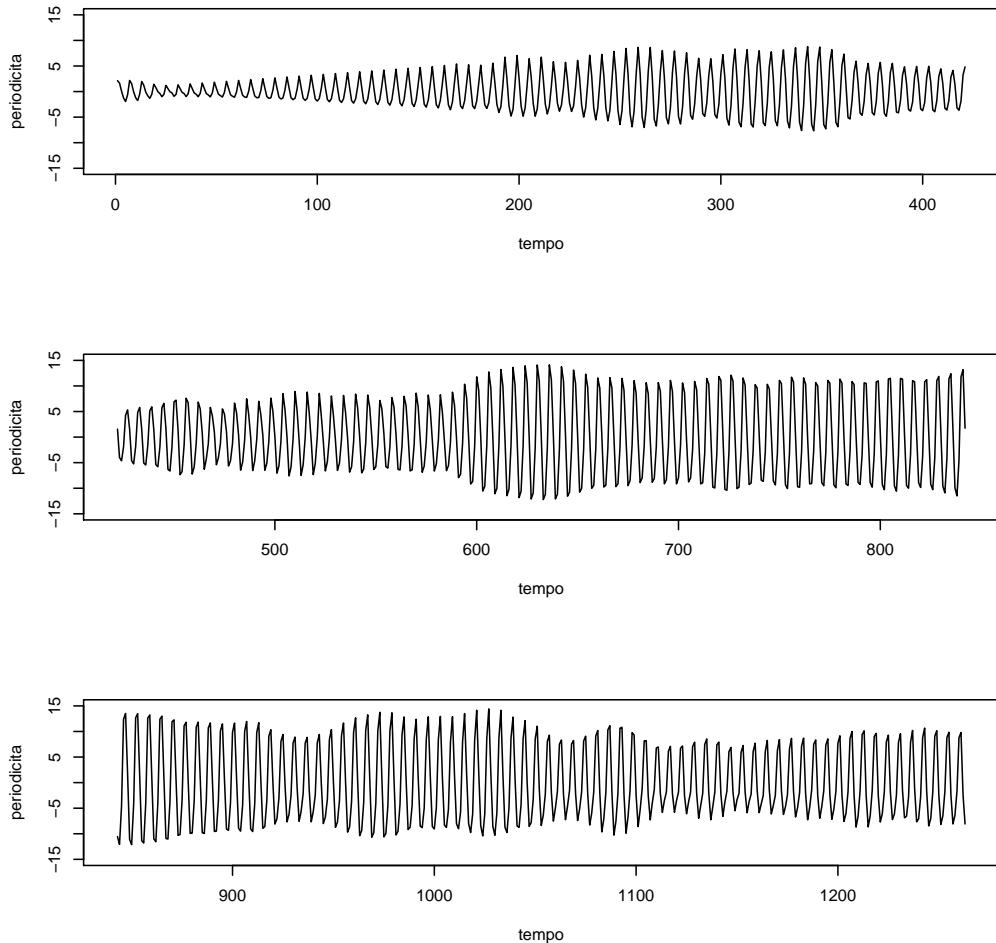


Figura 296: Componente Periodica - Tesi 4, Vigna 3

3.4.5 Slave Vigna 3 - Tesi 5

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

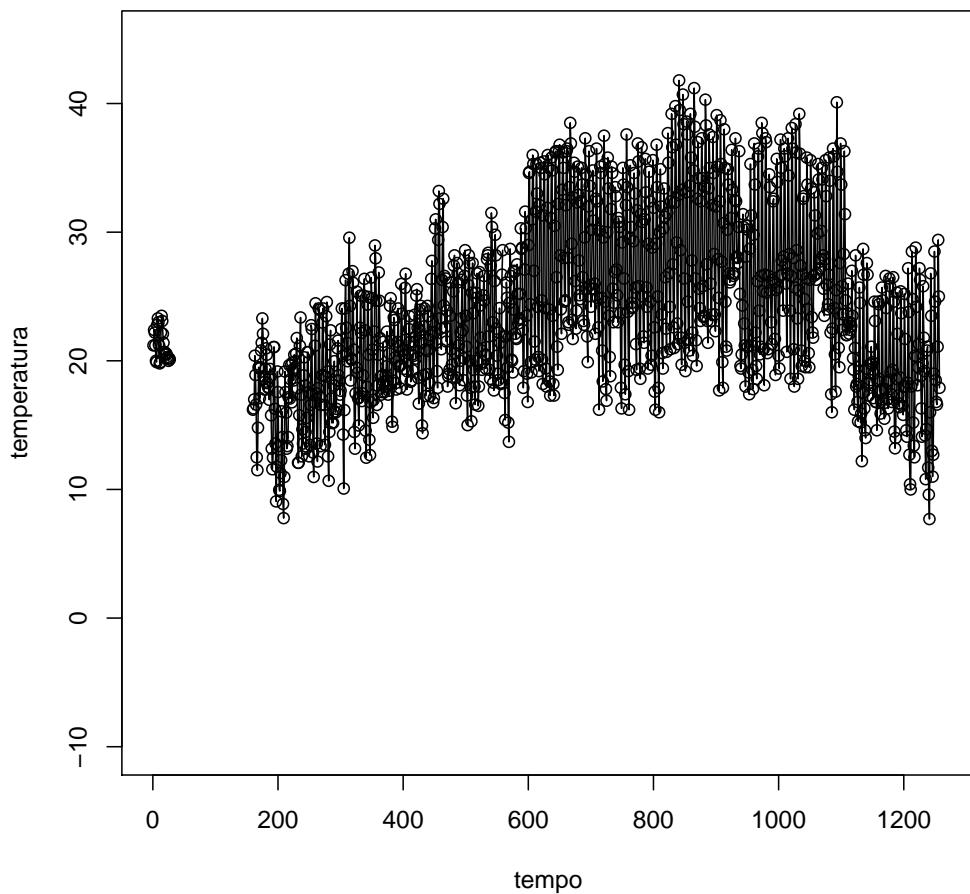


Figura 297: Dati Osservati - Tesi 5, Vigna 3

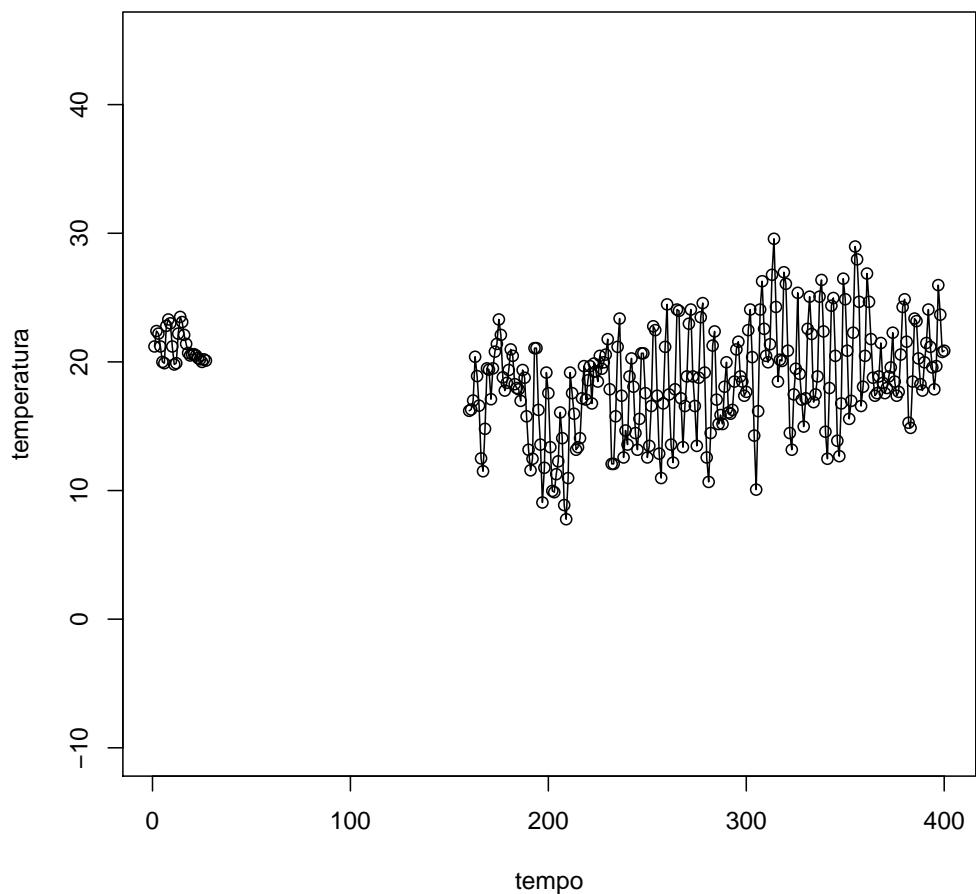


Figura 298: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 3

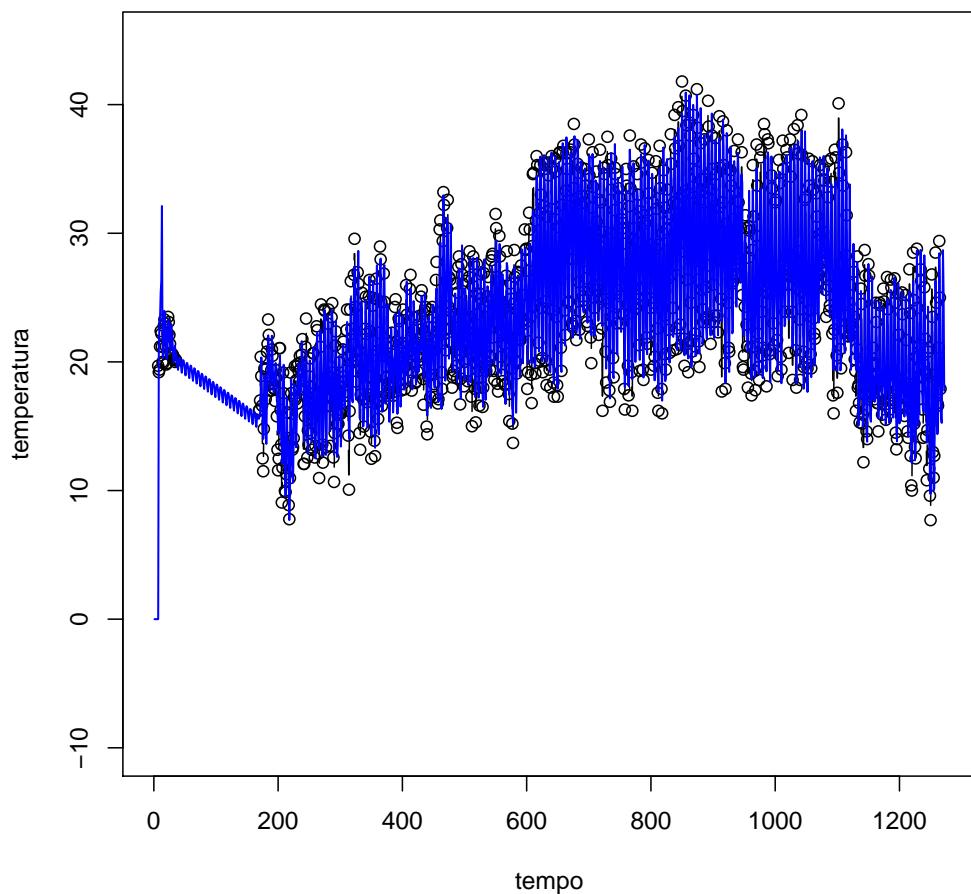


Figura 299: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 5, Vigna 3

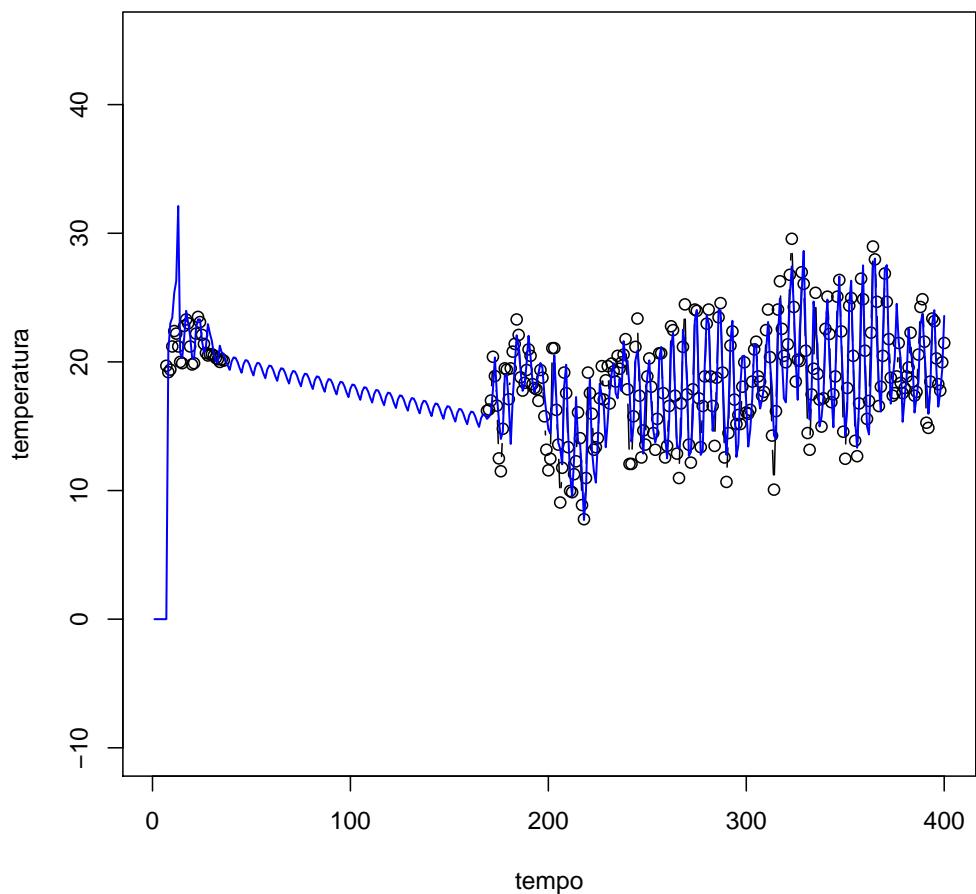


Figura 300: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 3

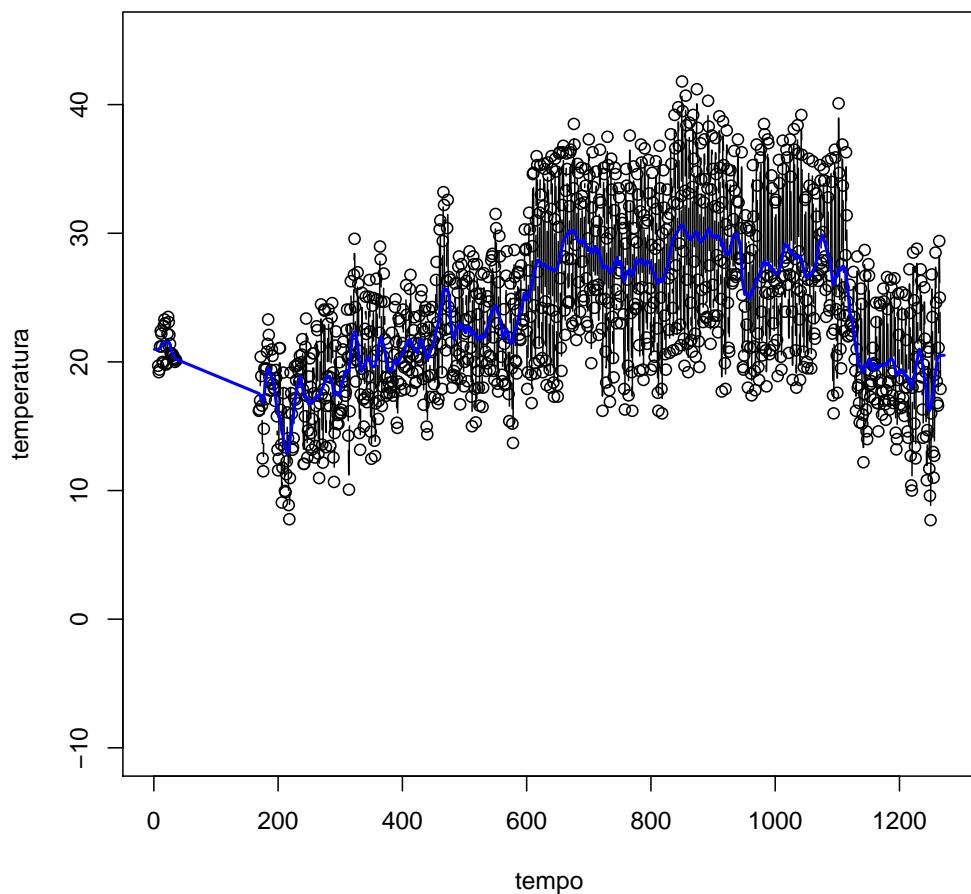


Figura 301: Smoother di Kalman - Tesi 5, Vigna 3

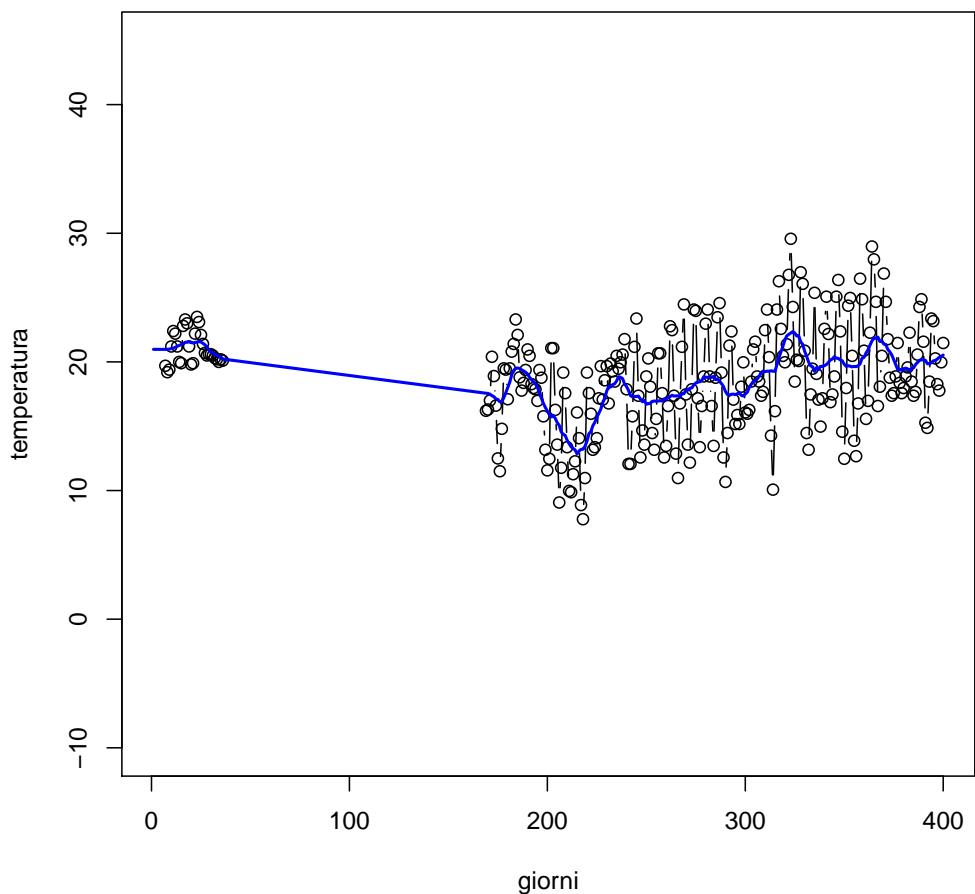


Figura 302: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 3

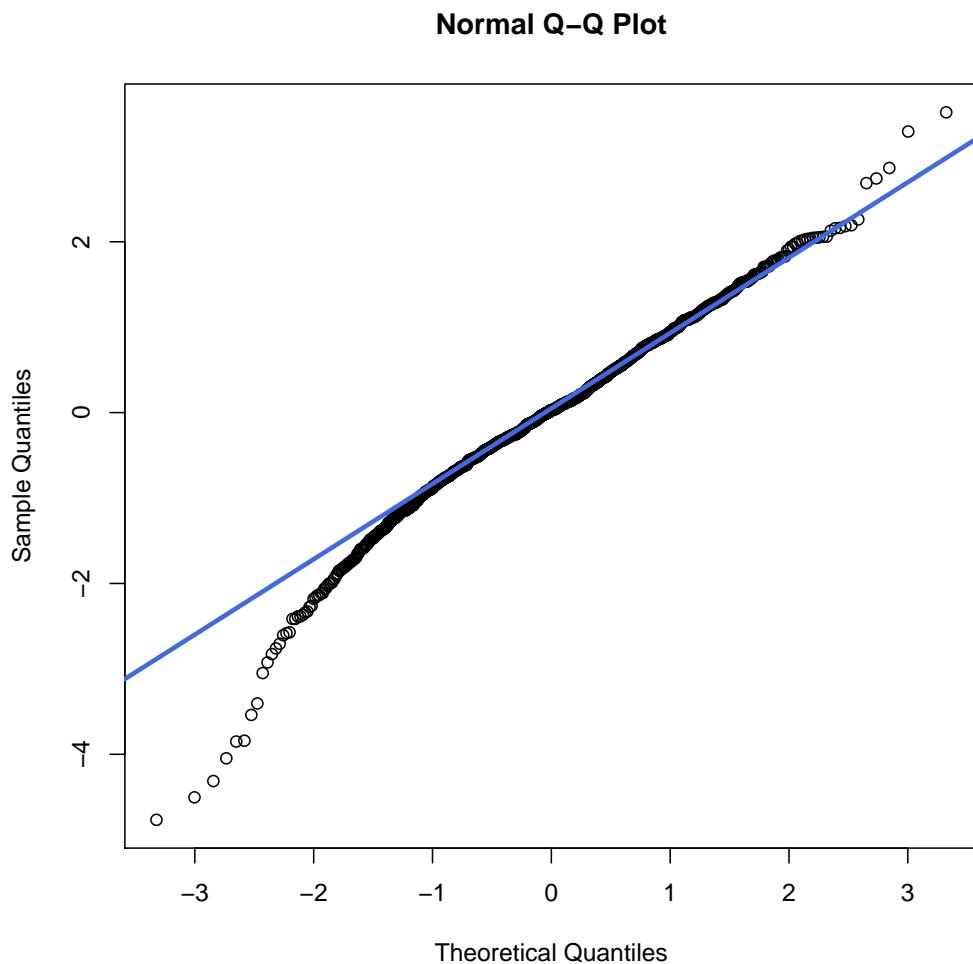


Figura 303: Q-Qplot - Tesi 5, Vigna 3

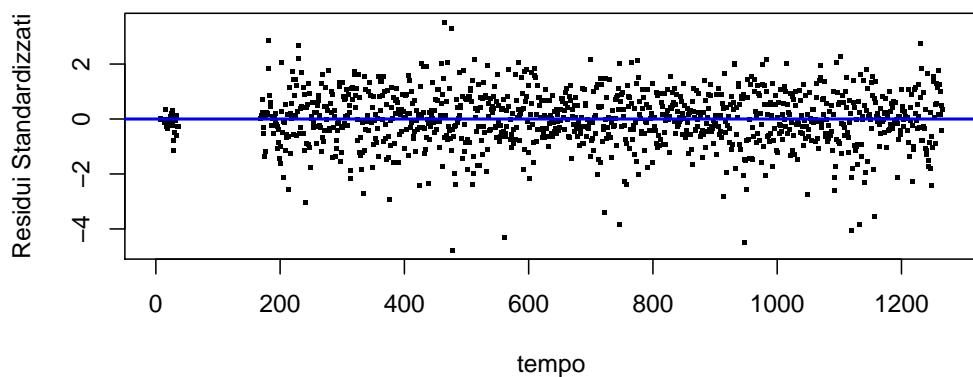
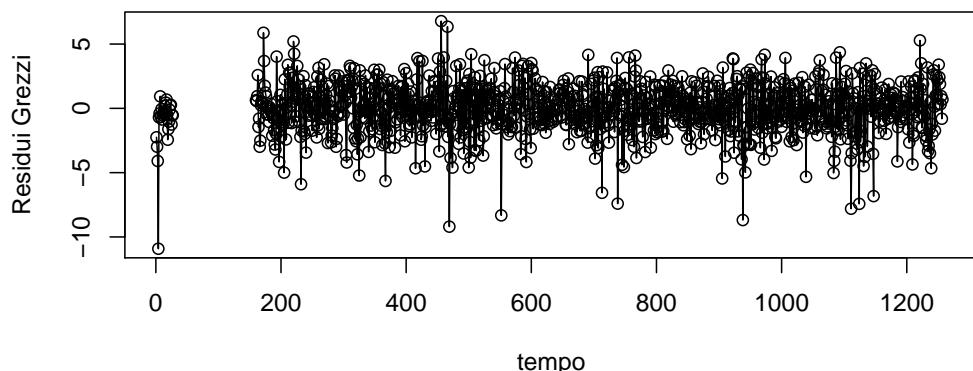


Figura 304: Analisi dei Residui - Tesi 5, Vigna 3

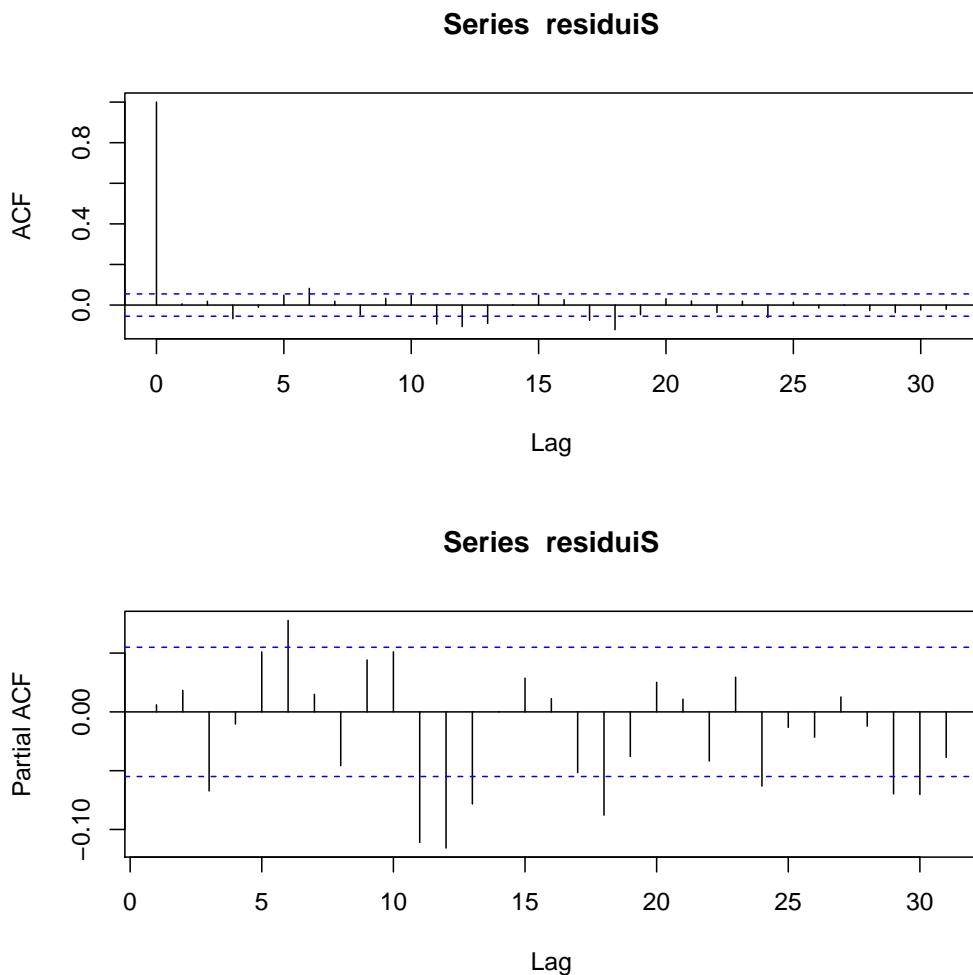


Figura 305: Grafici ACF e PACF - Tesi 5, Vigna 3

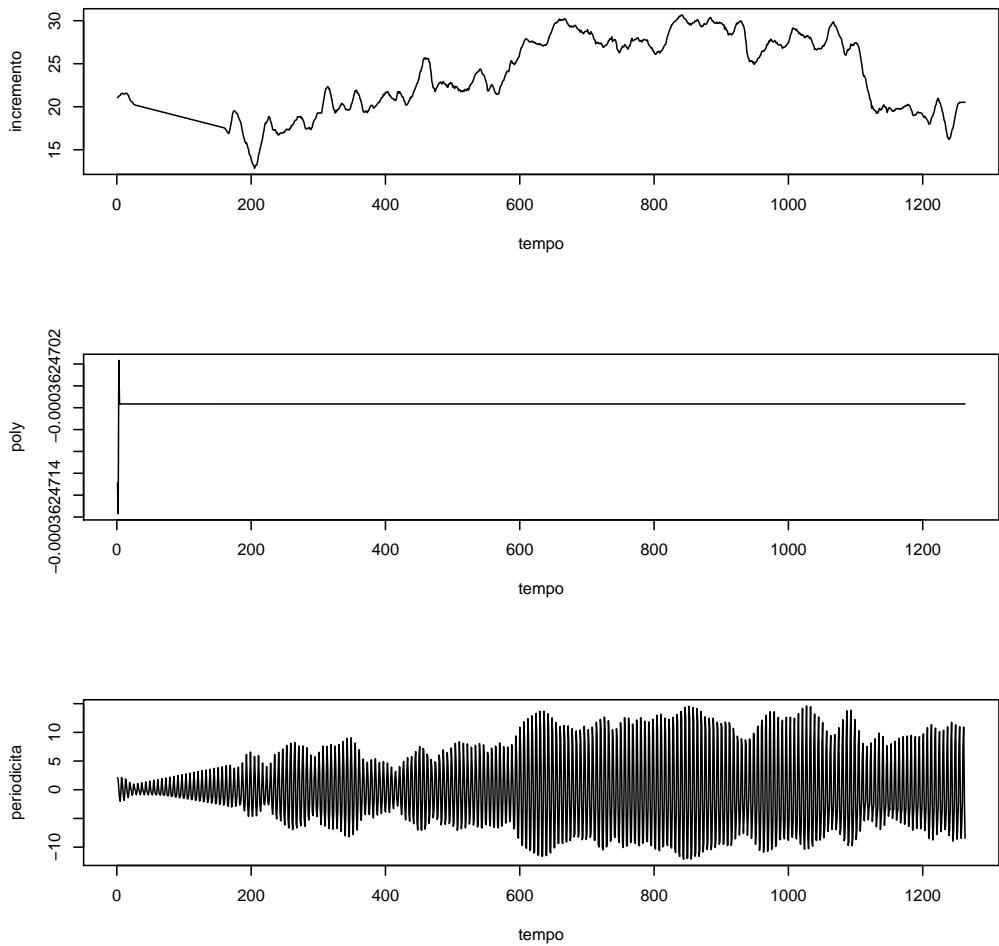


Figura 306: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 5, Vigna 3

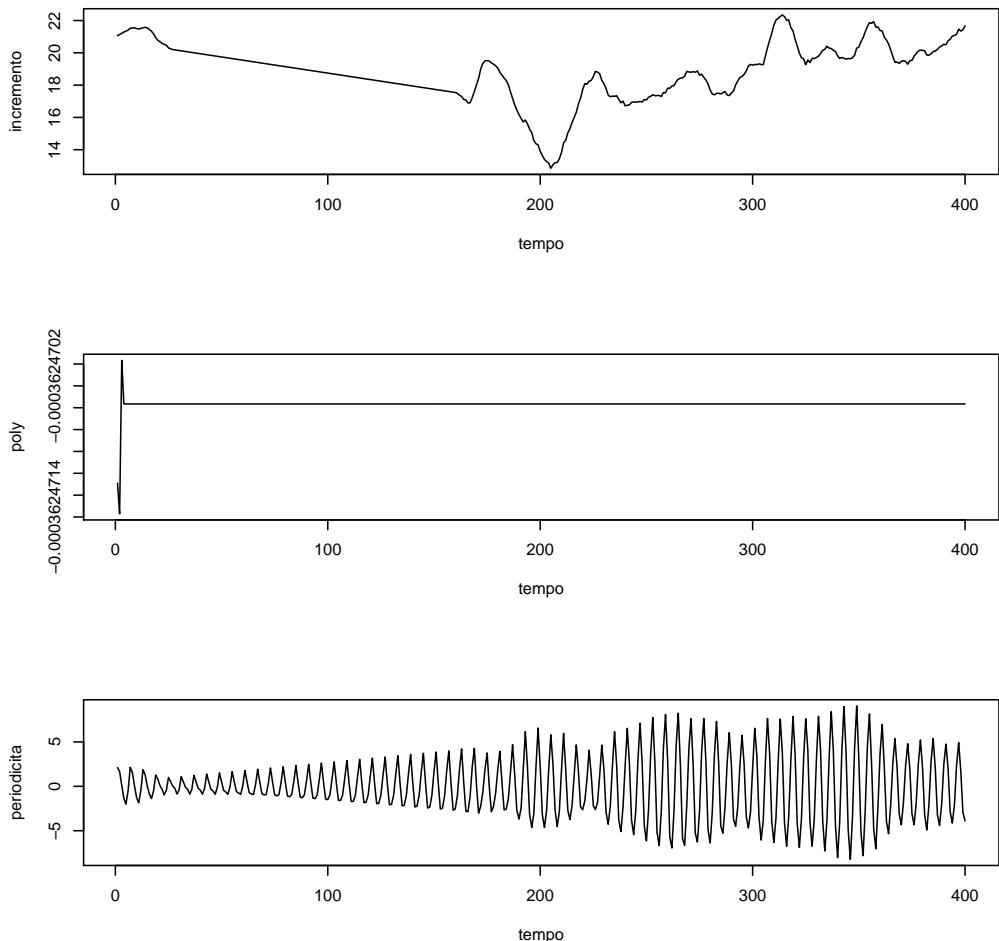


Figura 307: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 3

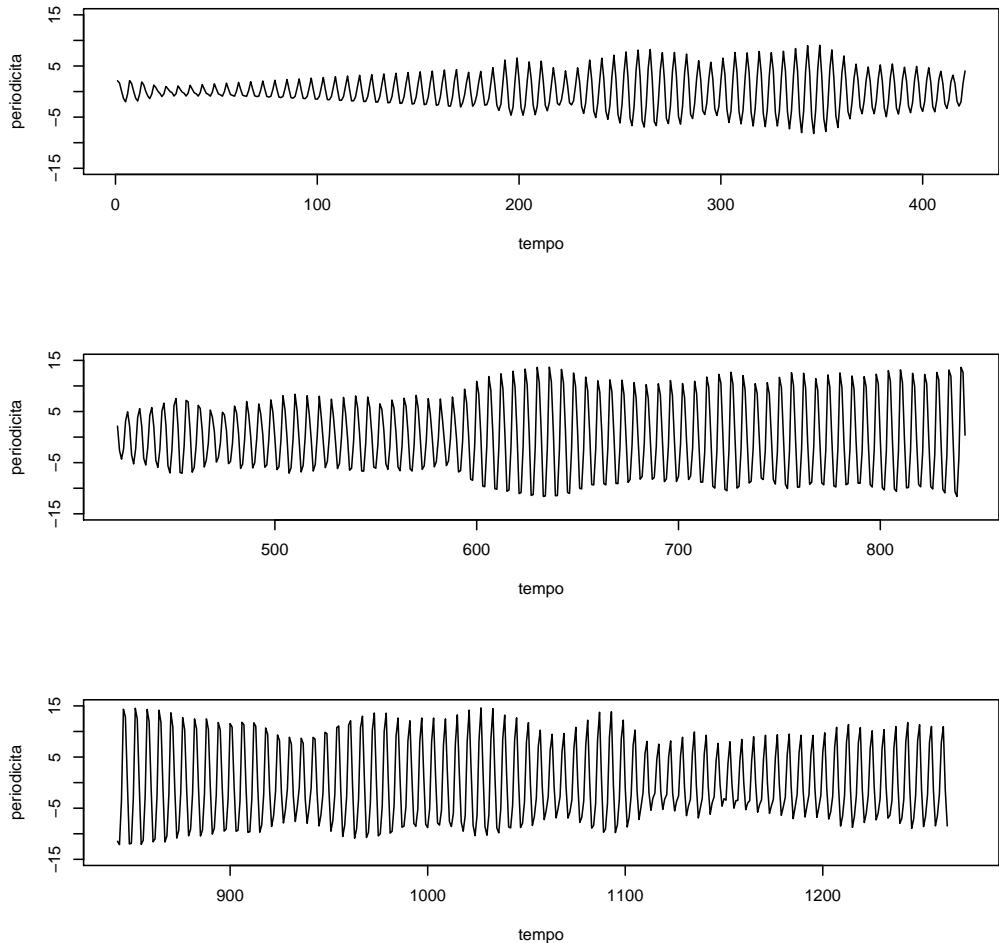


Figura 308: Componente Periodica - Tesi 5, Vigna 3

3.4.6 Slave Vigna 3 - Tesi 6

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 1.

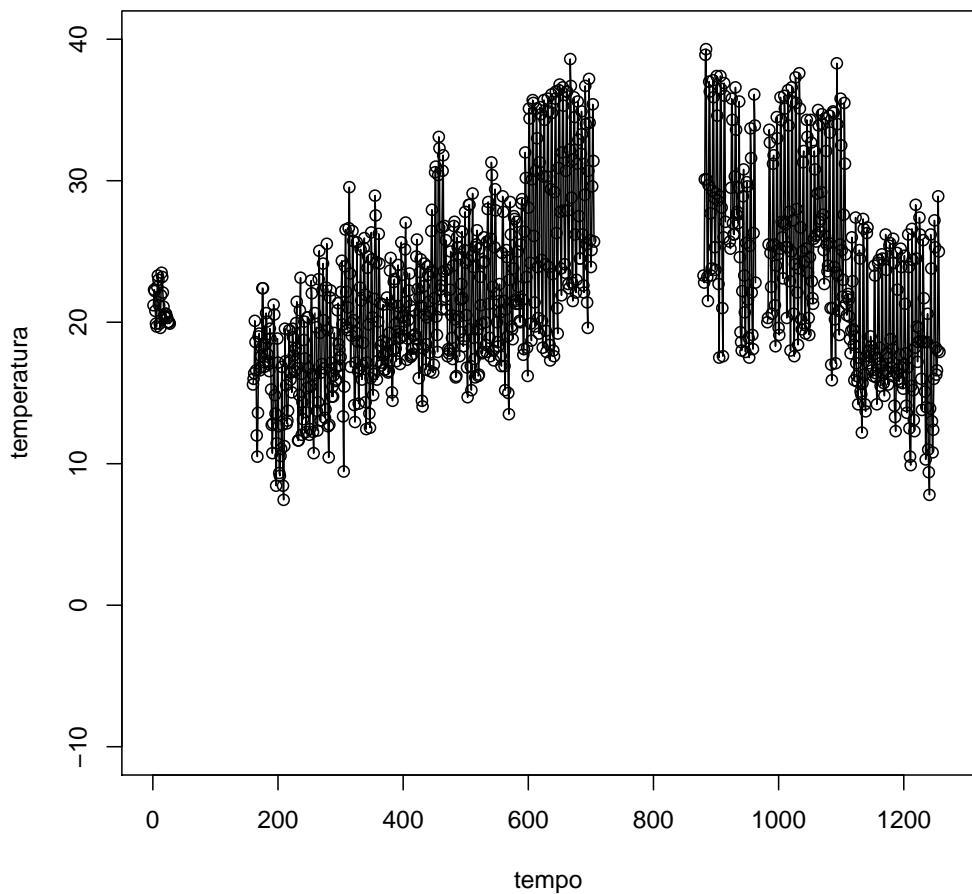


Figura 309: Dati Osservati - Tesi 6, Vigna 3

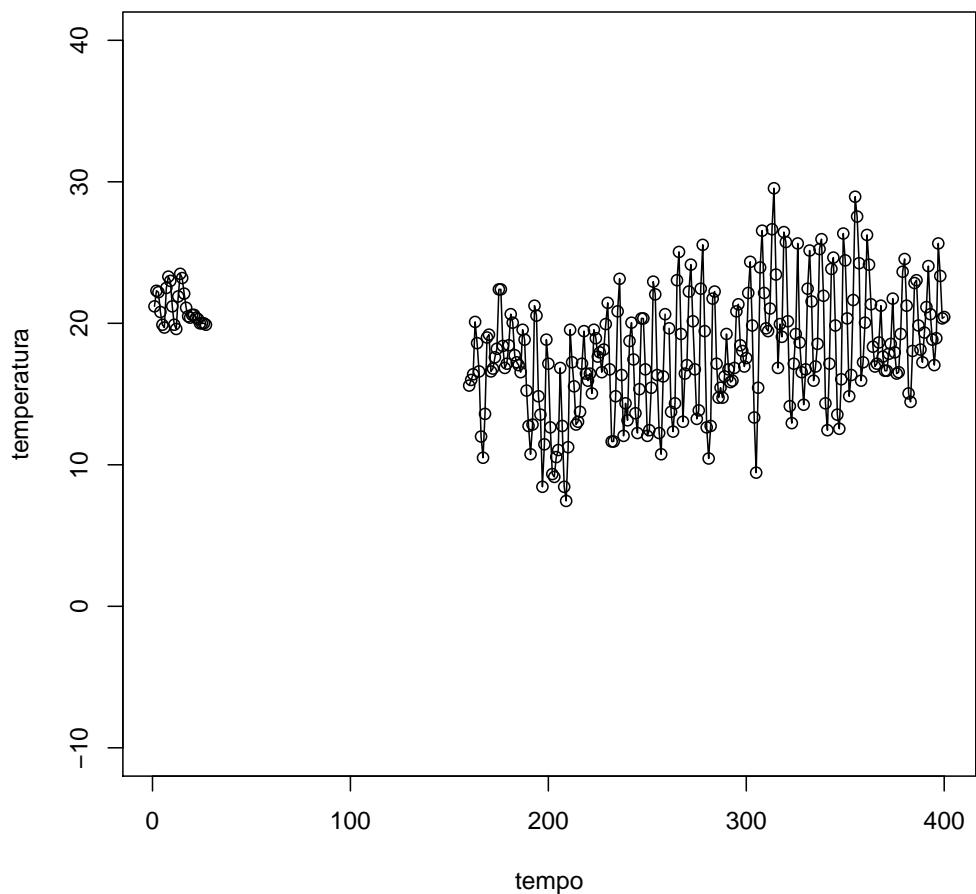


Figura 310: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 3

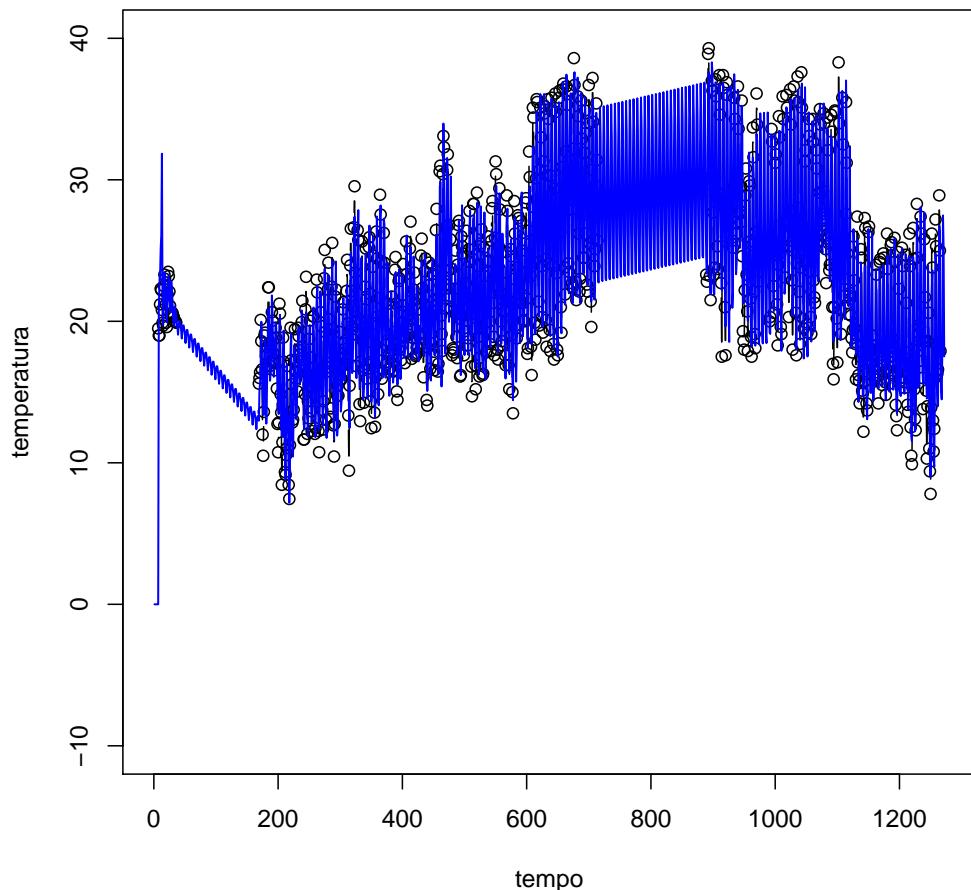


Figura 311: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 6, Vigna 3

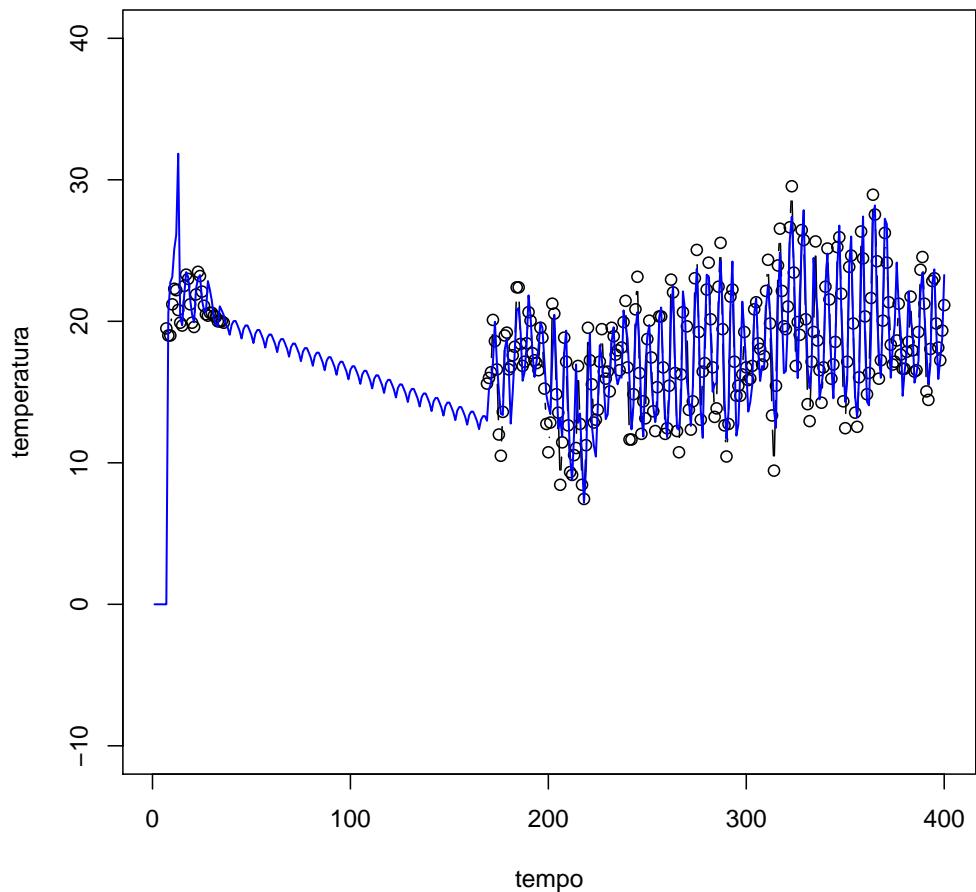


Figura 312: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 3

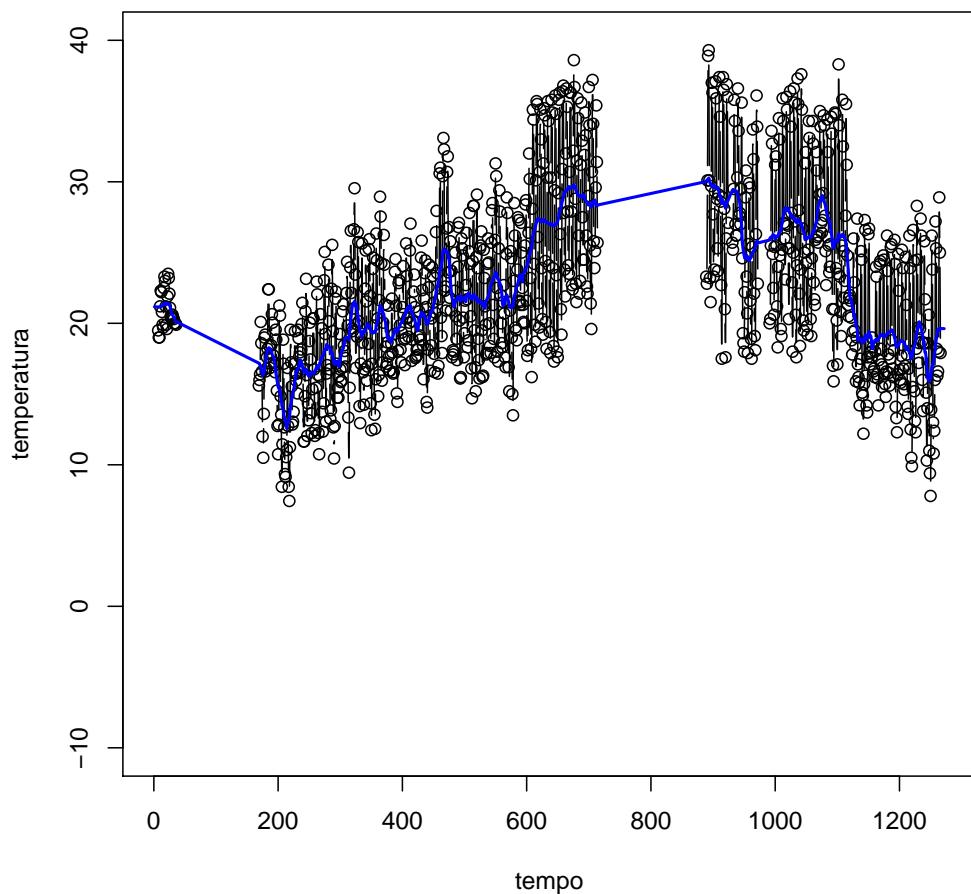


Figura 313: Smoother di Kalman - Tesi 6, Vigna 3

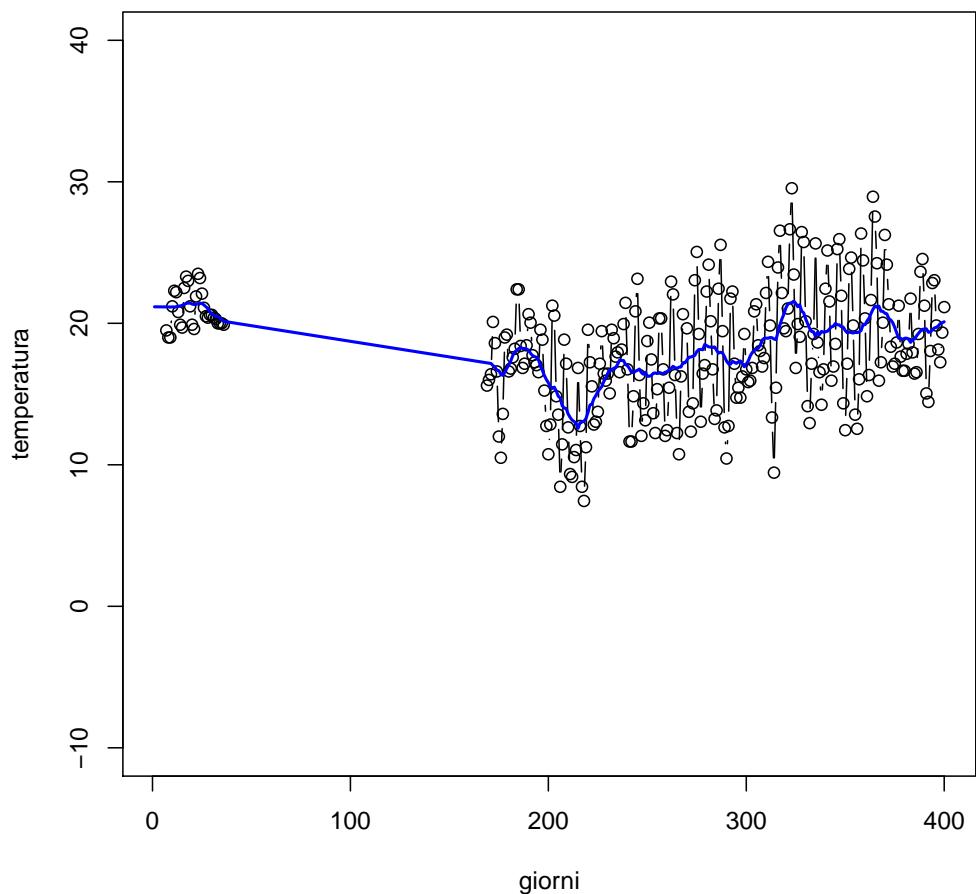


Figura 314: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 3

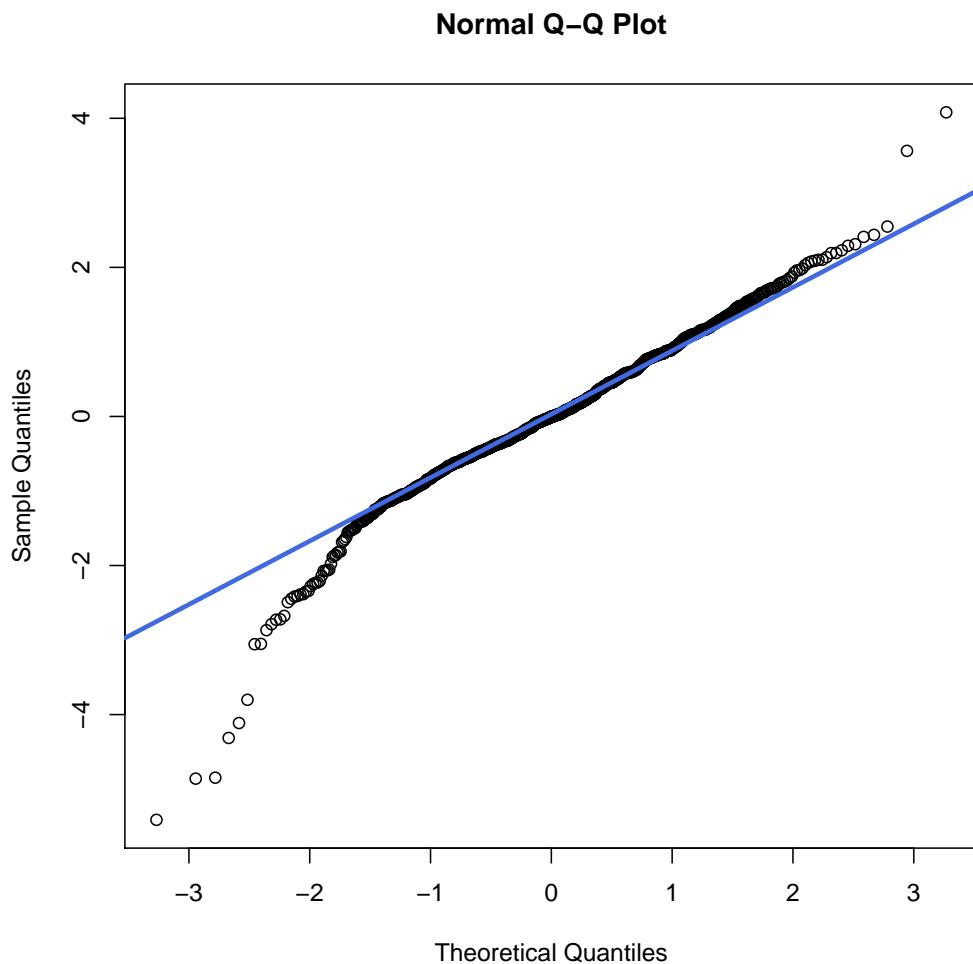


Figura 315: Q-Qplot - Tesi 6, Vigna 3

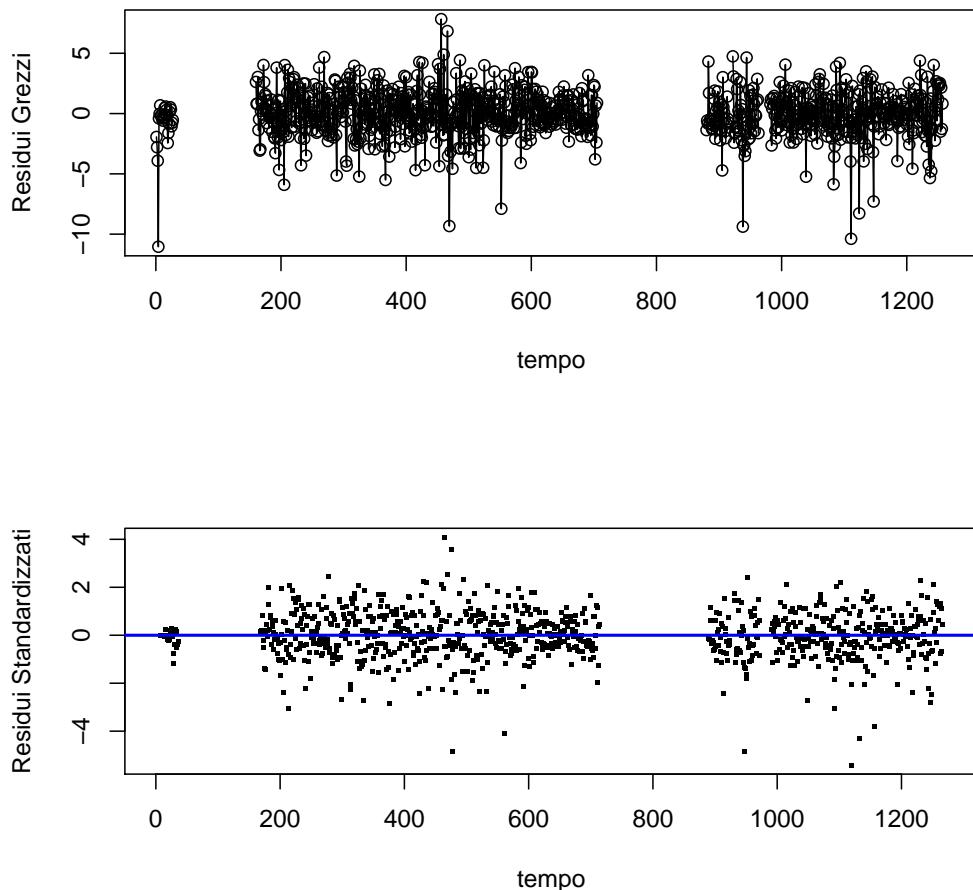


Figura 316: Analisi dei Residui - Tesi 6, Vigna 3

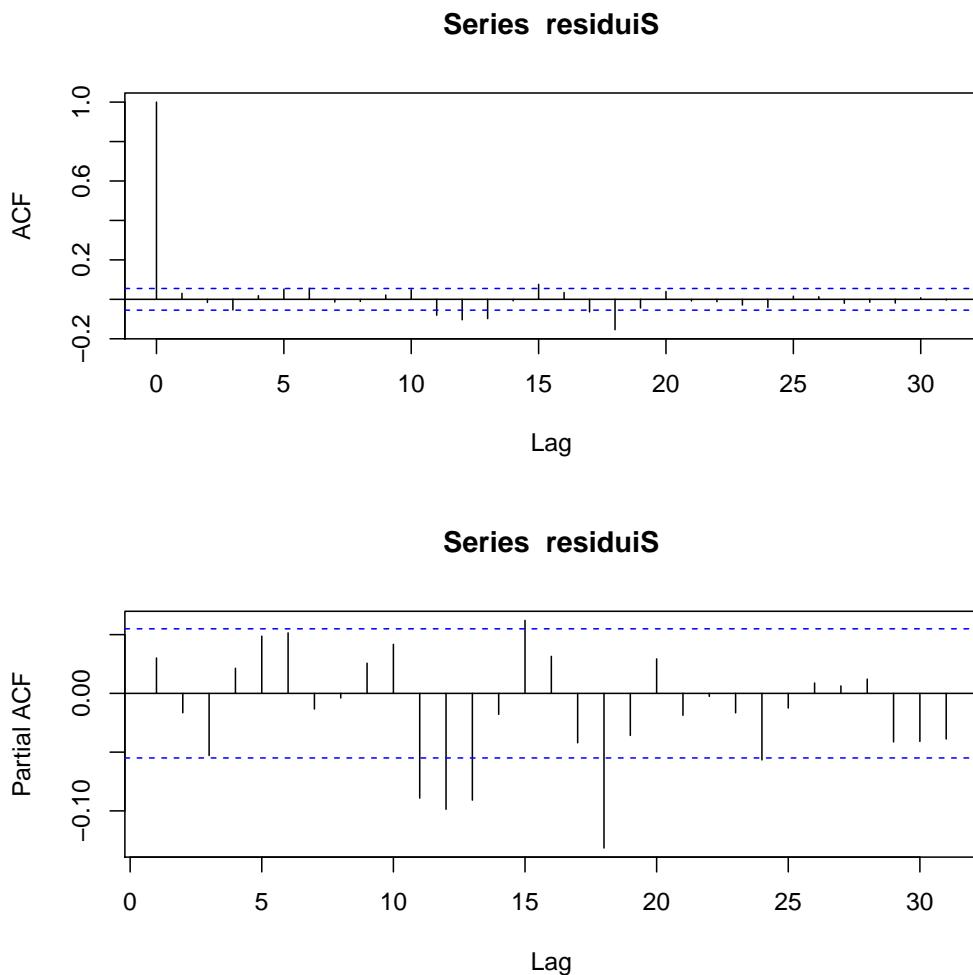


Figura 317: Grafici ACF e PACF - Tesi 6, Vigna 3

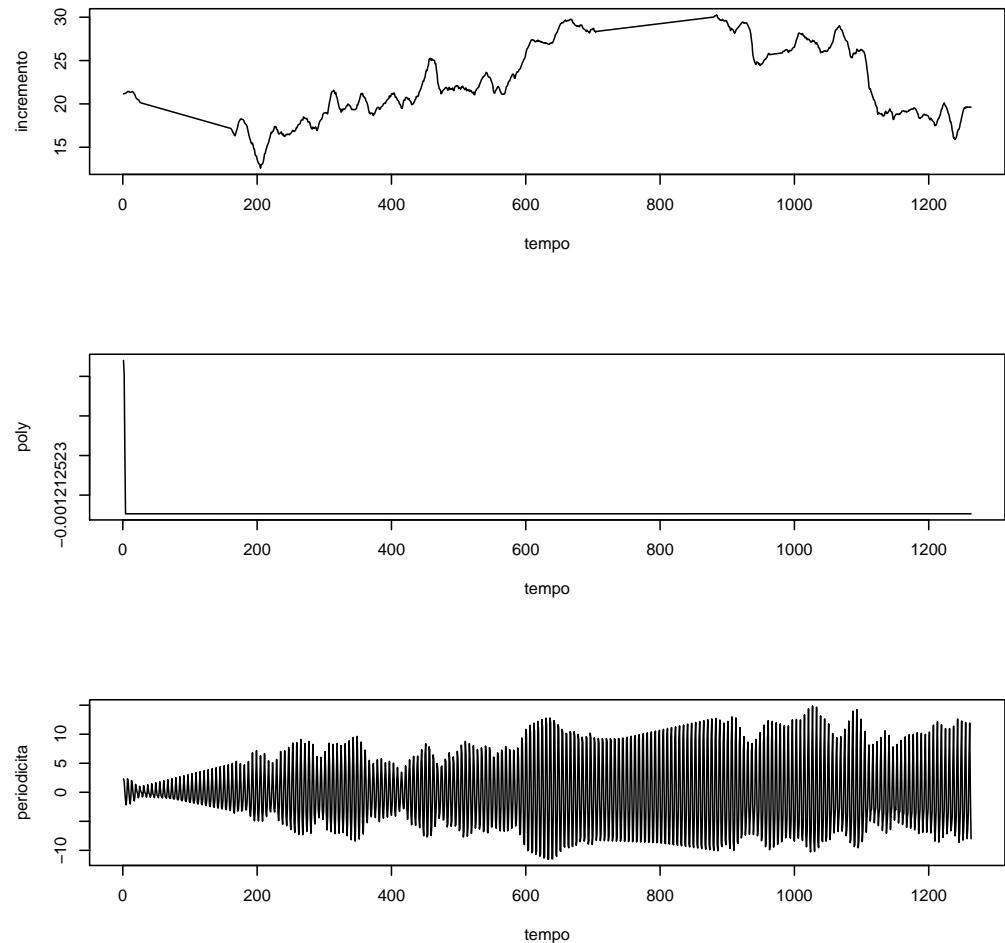


Figura 318: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 6, Vigna 3

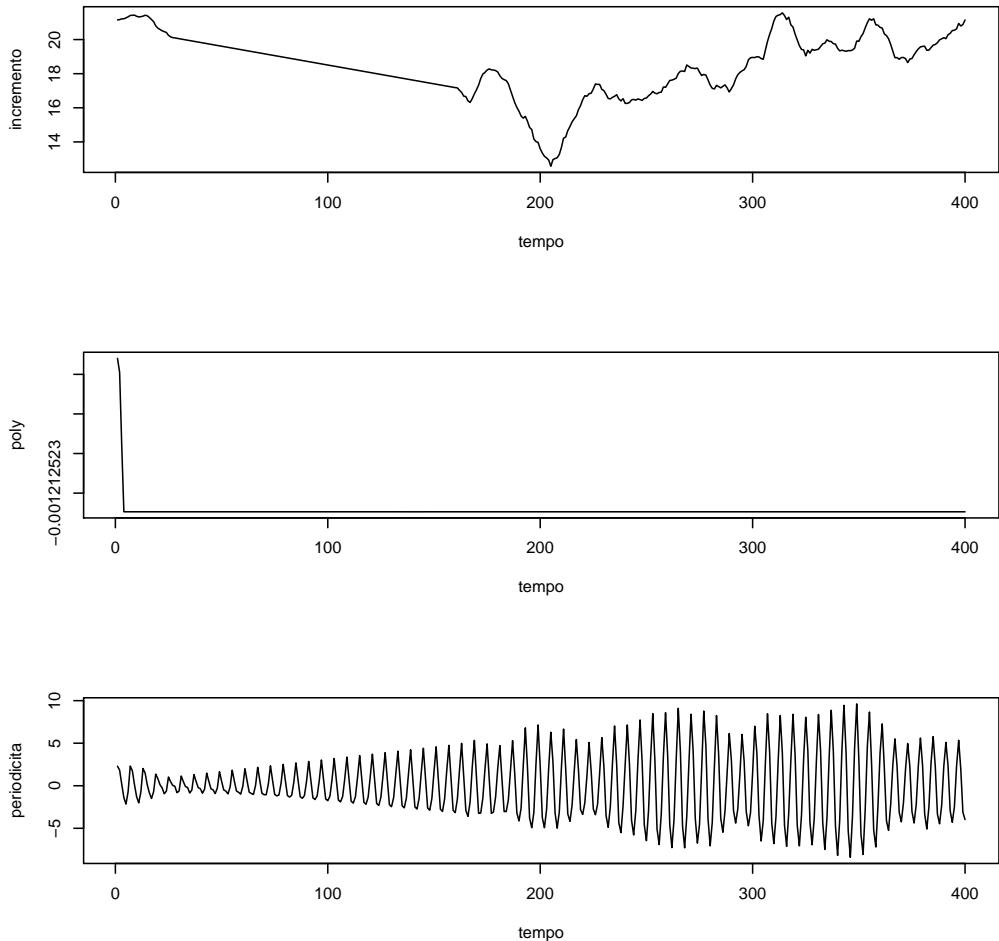


Figura 319: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 3

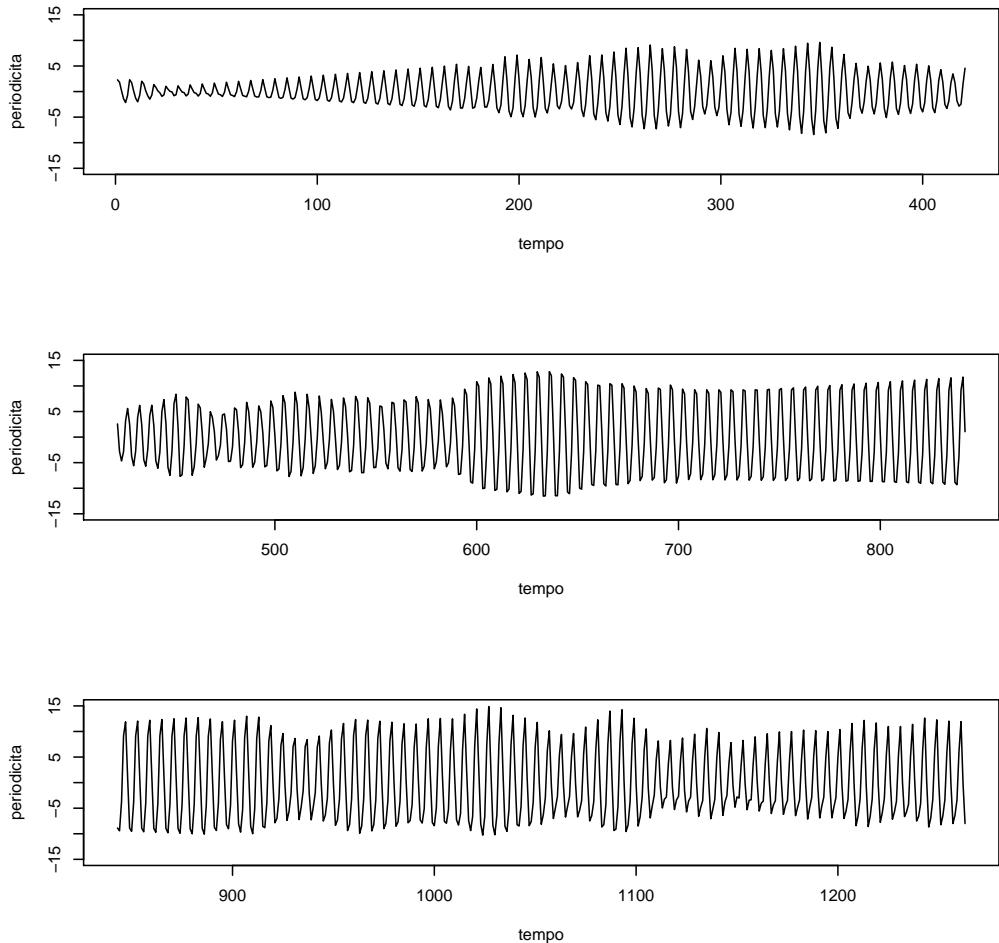


Figura 320: Componente Periodica - Tesi 6, Vigna 3

3.4.7 Slave Vigna 3 - Tesi 7

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

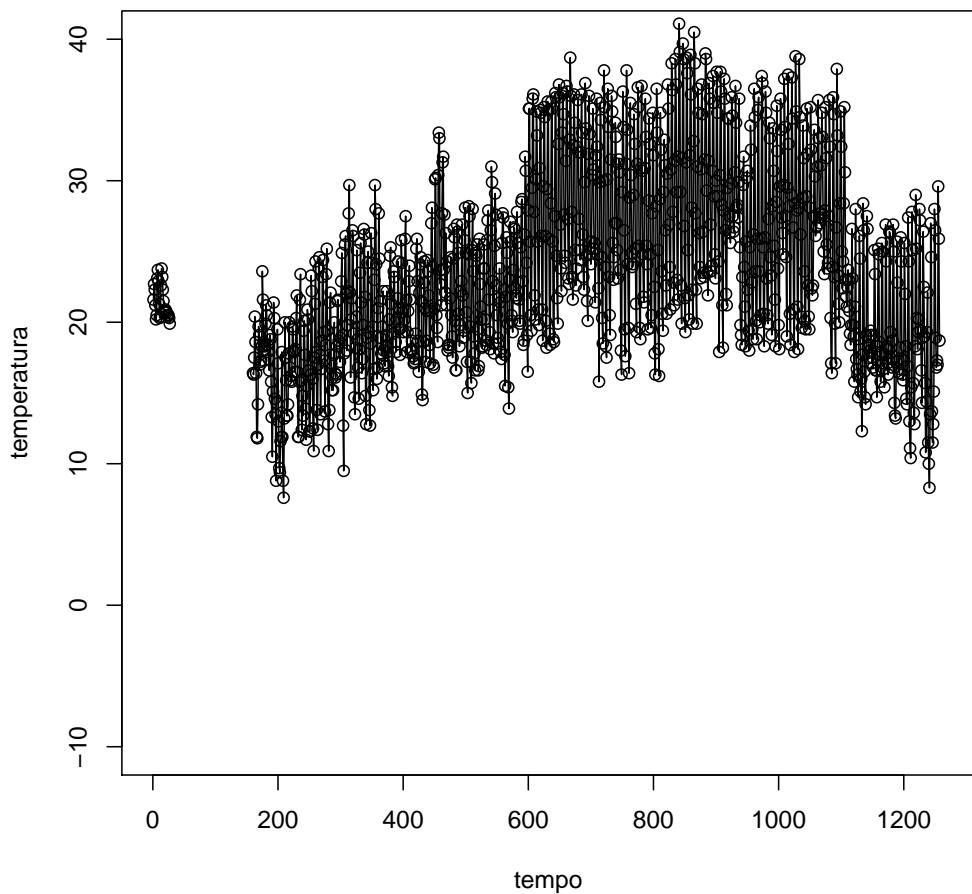


Figura 321: Dati Osservati - Tesi 7, Vigna 3

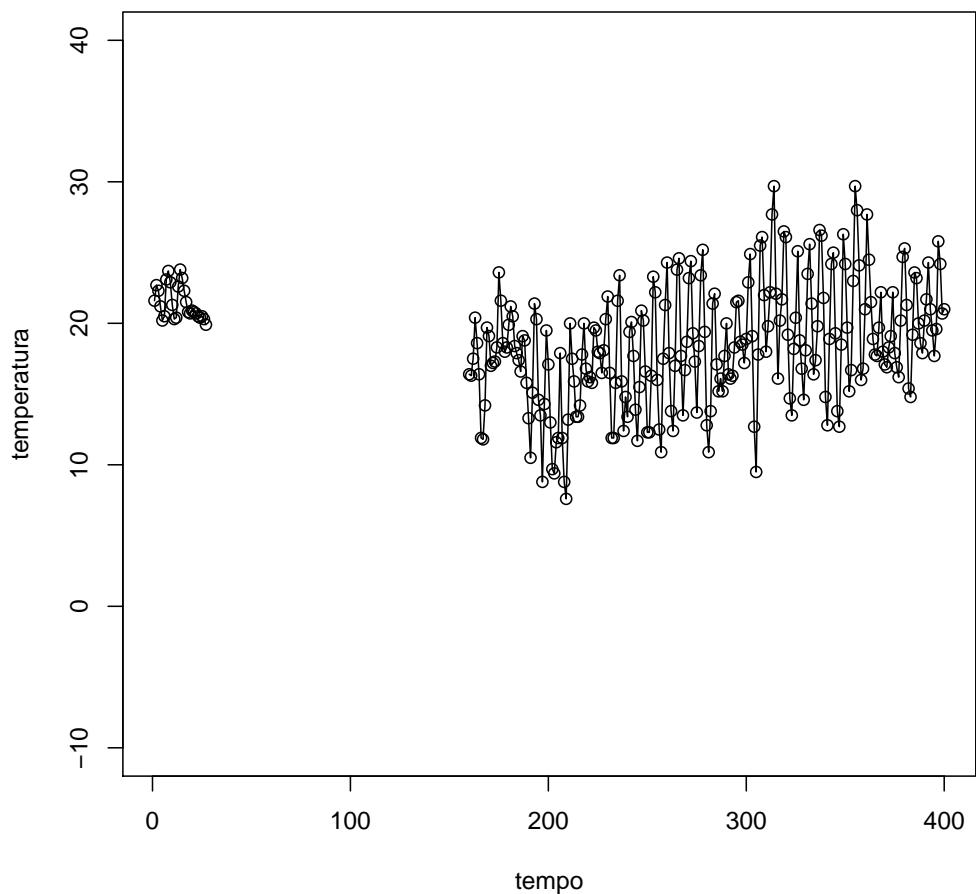


Figura 322: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 3

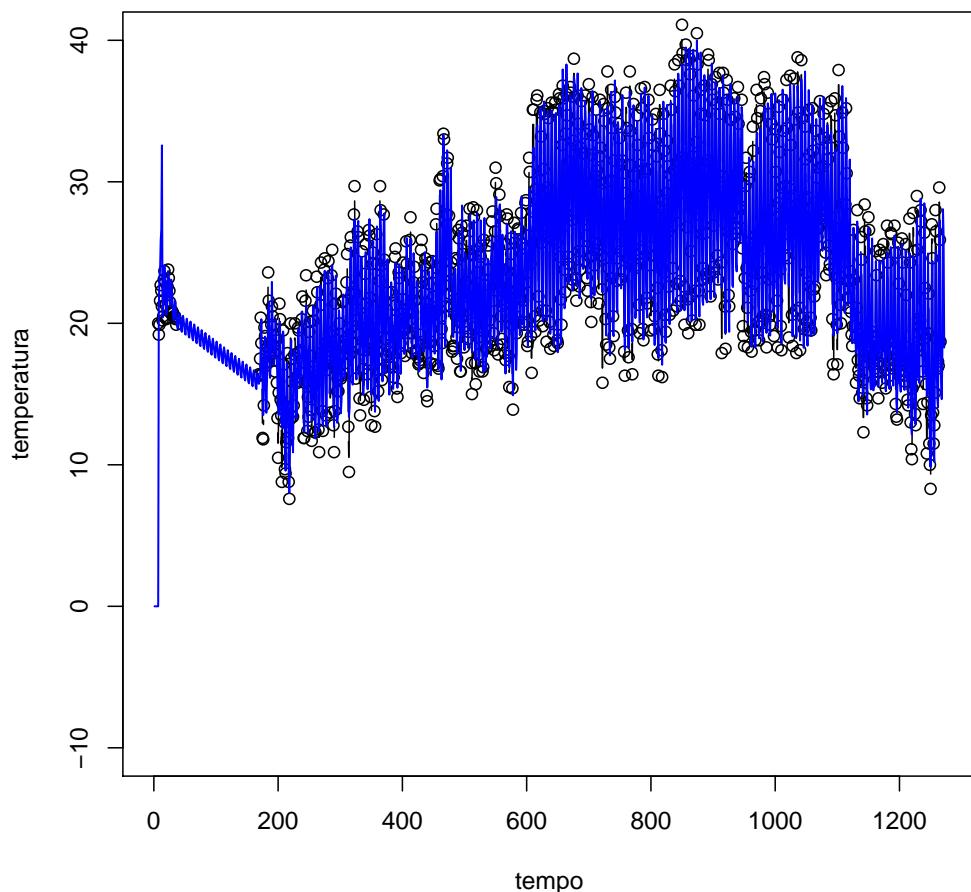


Figura 323: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 7, Vigna 3

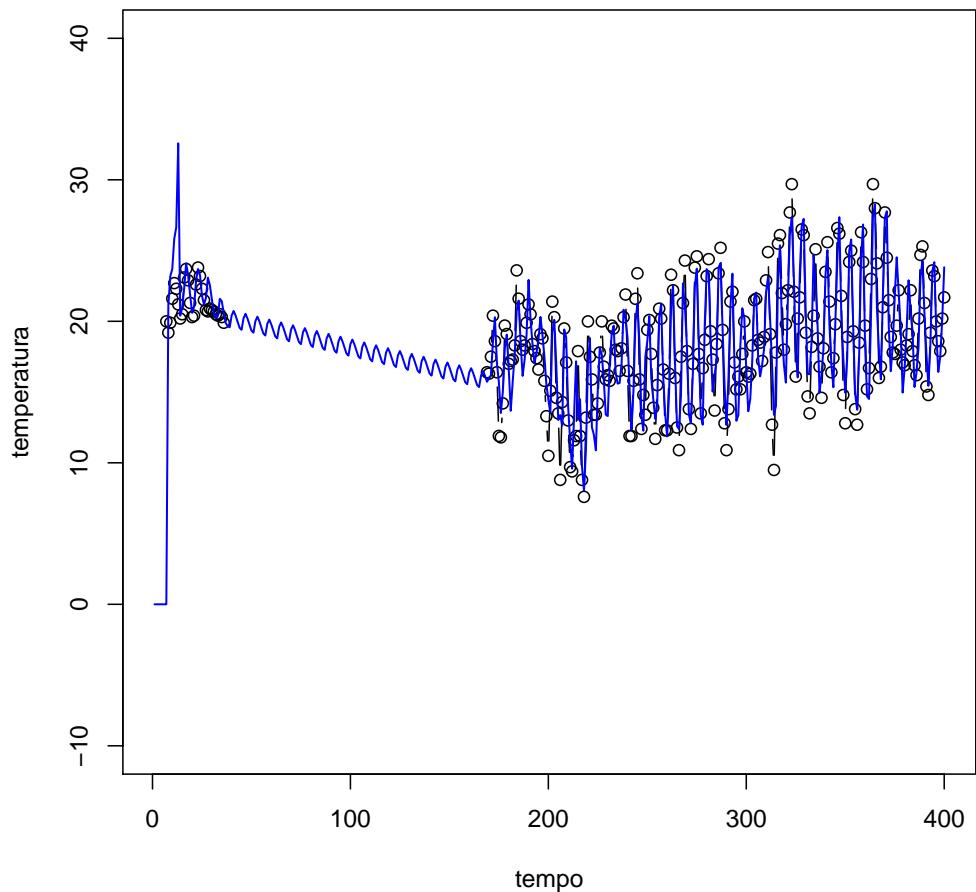


Figura 324: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 3

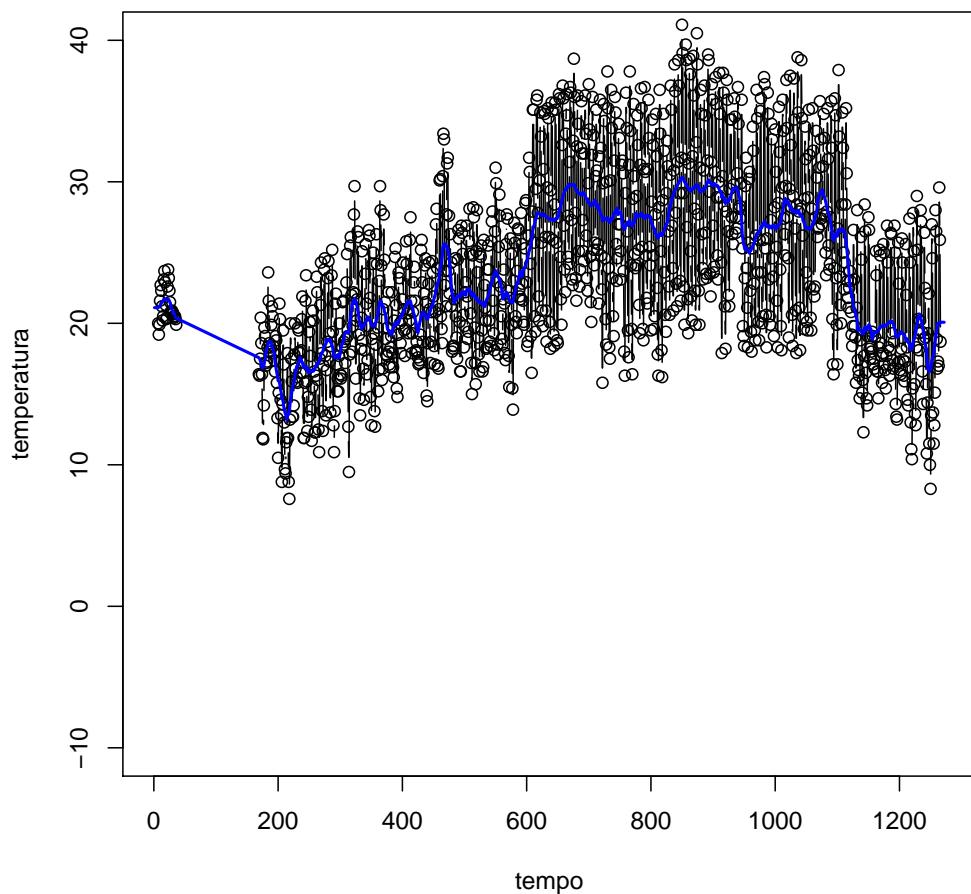


Figura 325: Smoother di Kalman - Tesi 7, Vigna 3

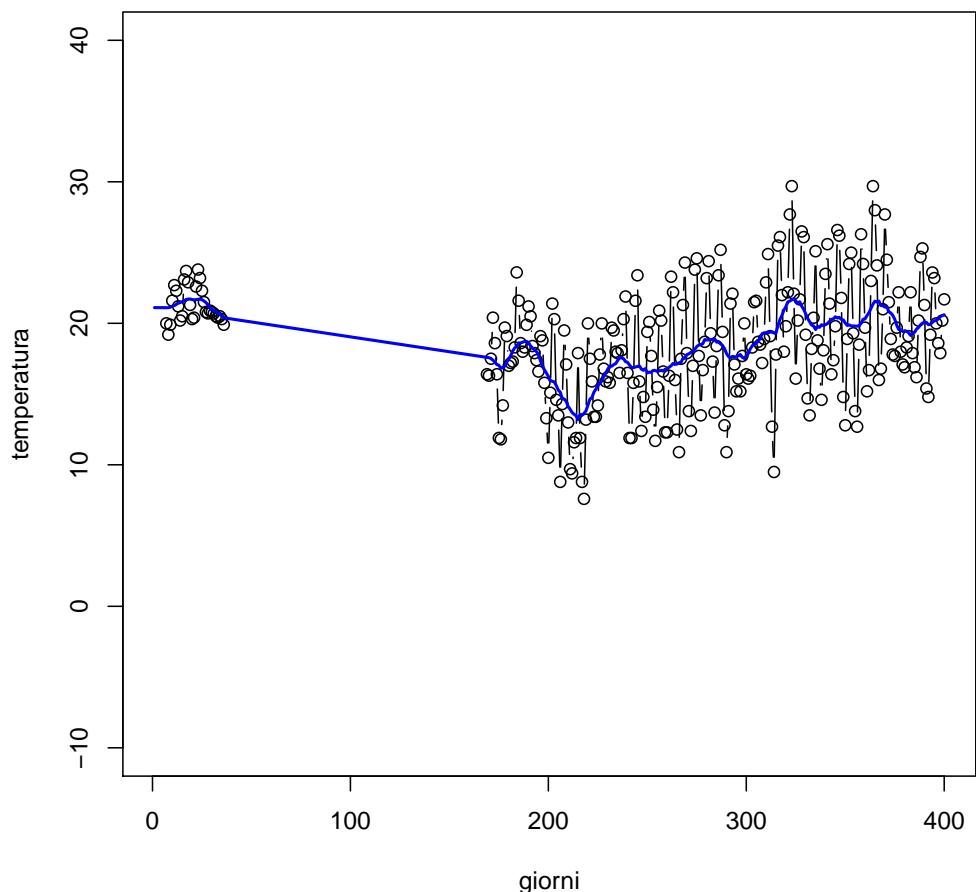


Figura 326: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 3

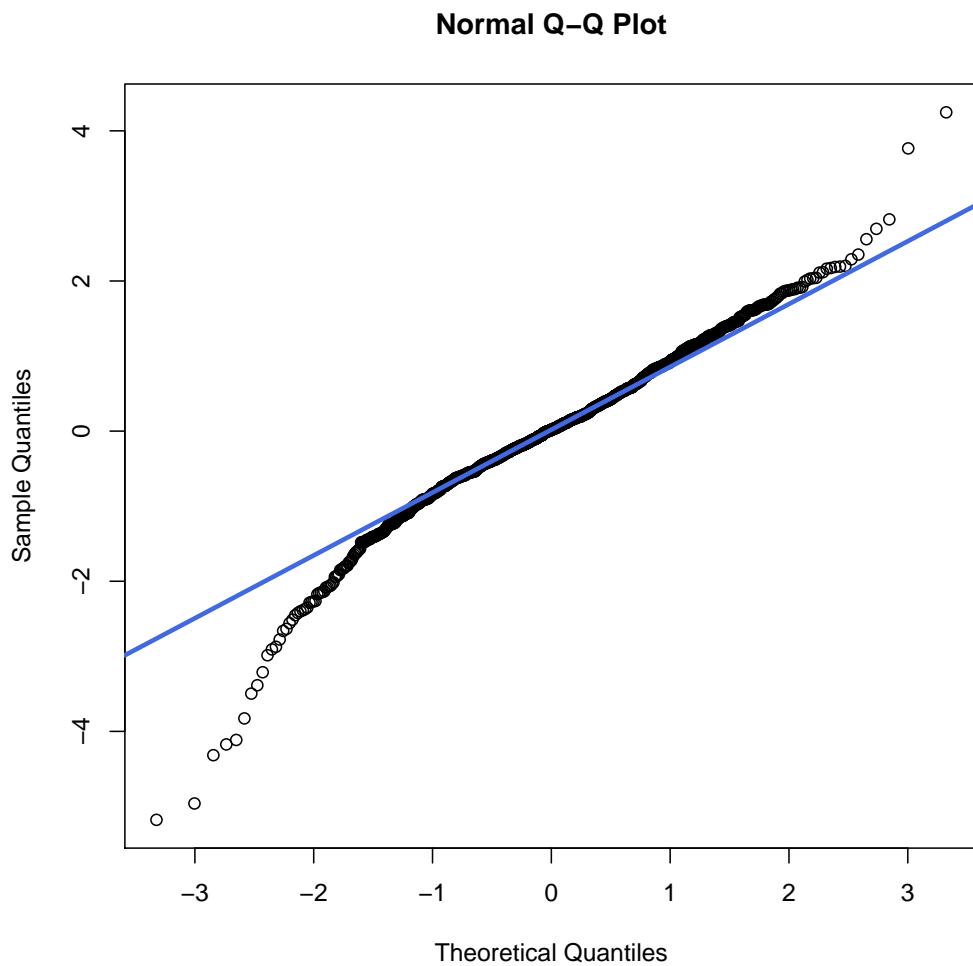


Figura 327: Q-Qplot - Tesi 7, Vigna 3

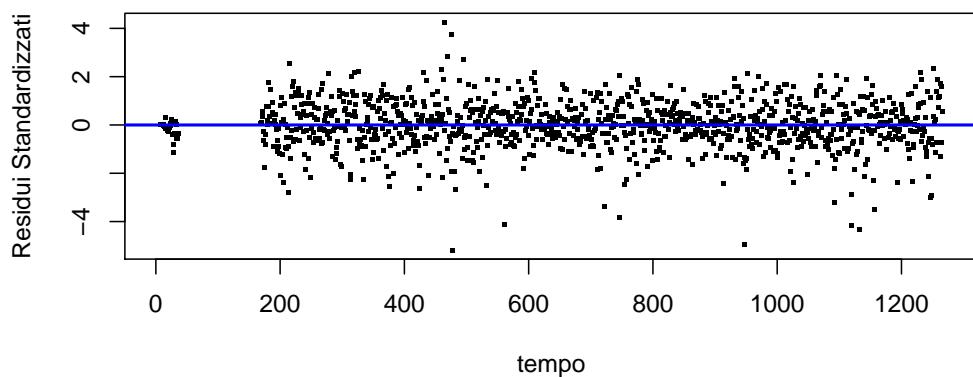
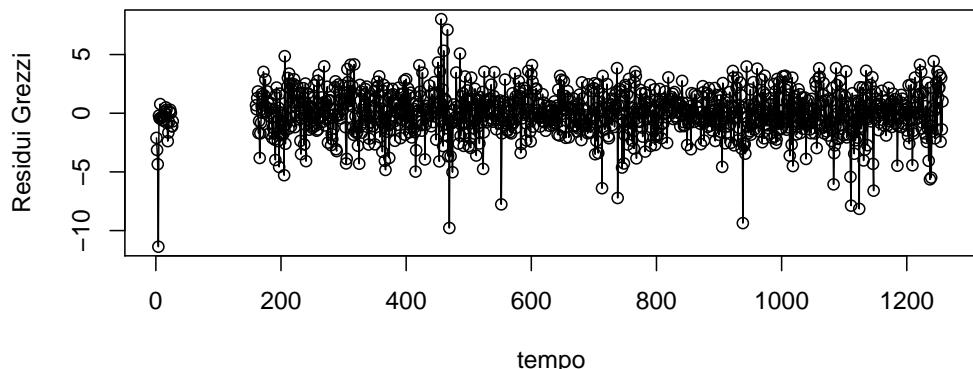


Figura 328: Analisi dei Residui - Tesi 7, Vigna 3

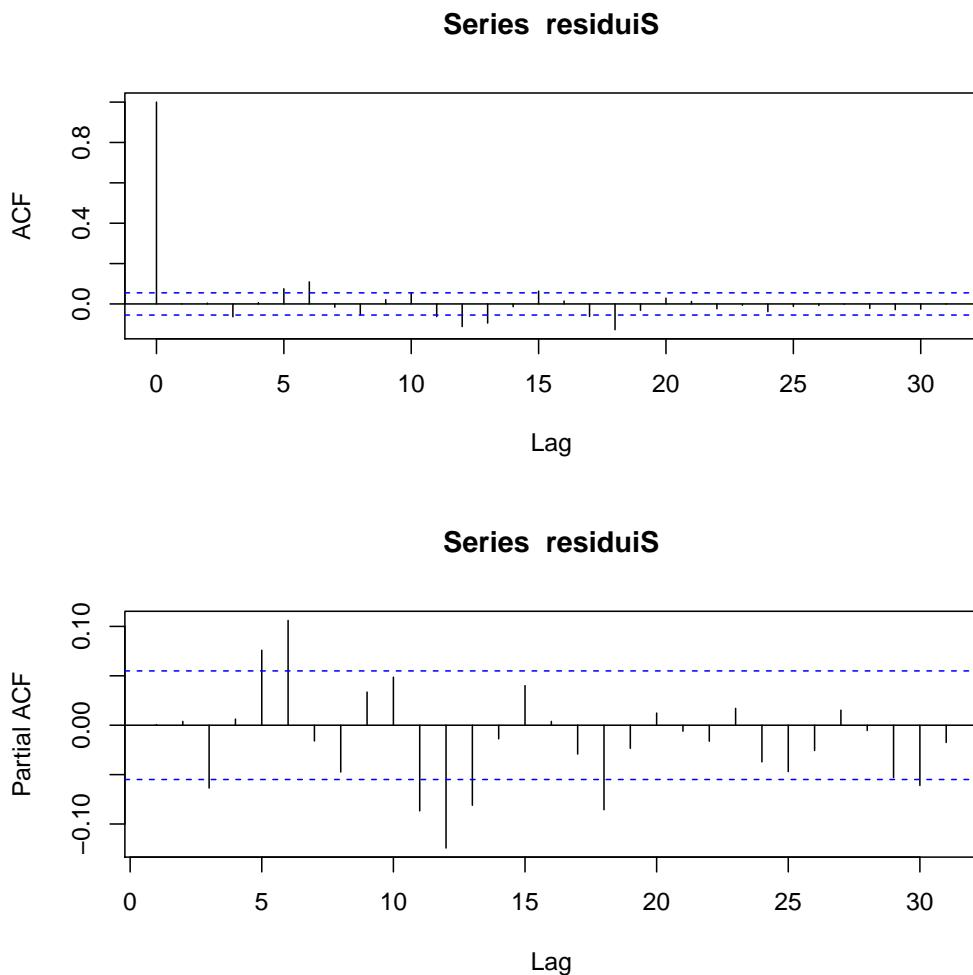


Figura 329: Grafici ACF e PACF - Tesi 7, Vigna 3

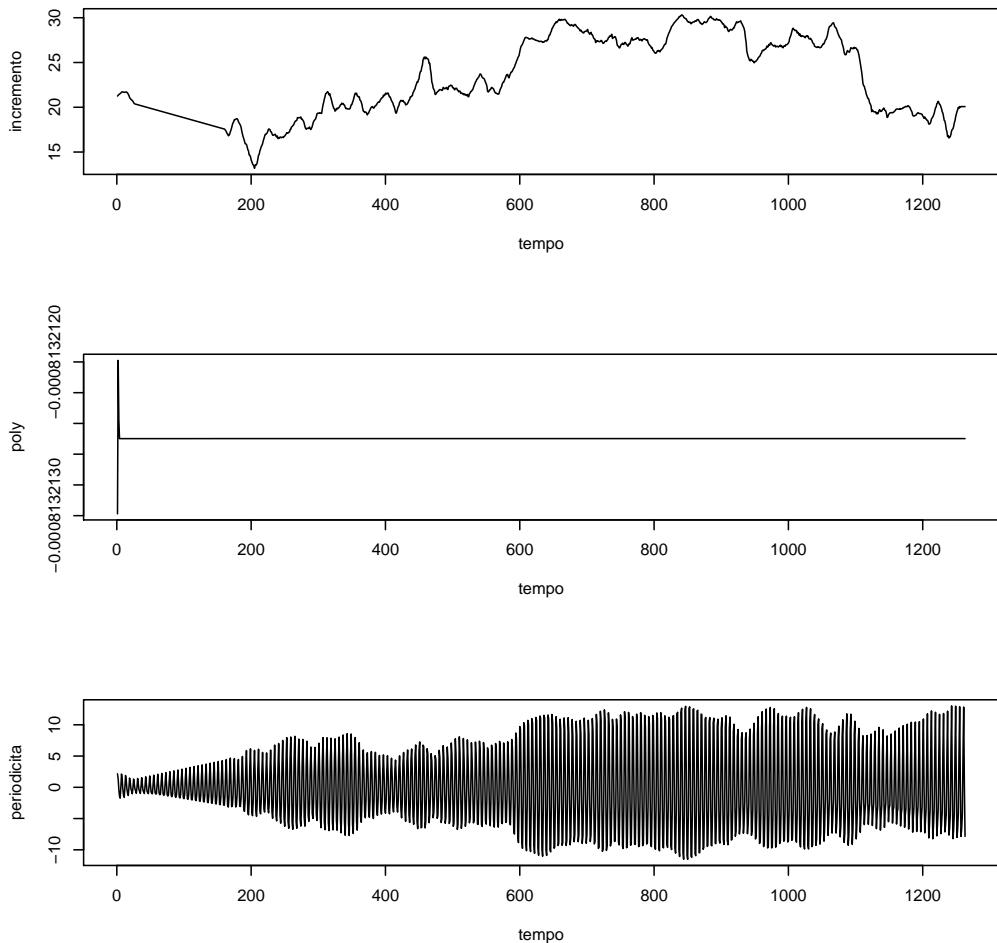


Figura 330: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 7, Vigna 3

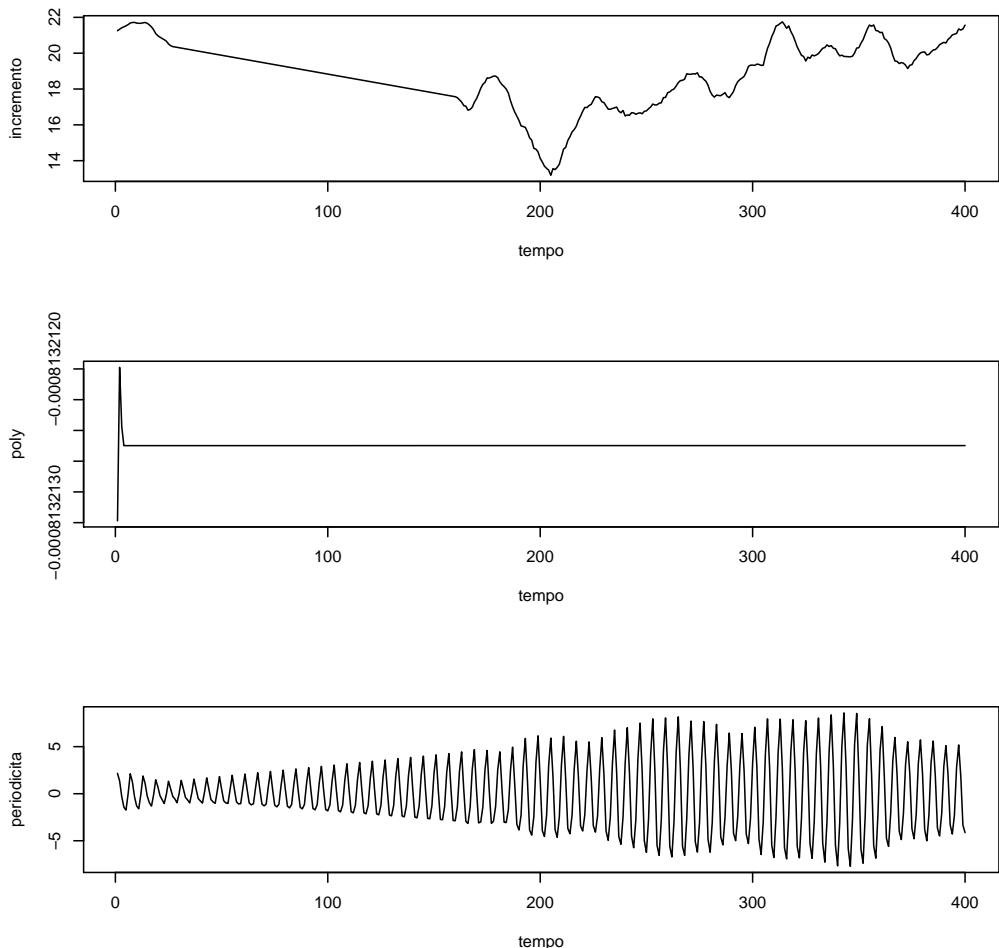


Figura 331: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 3

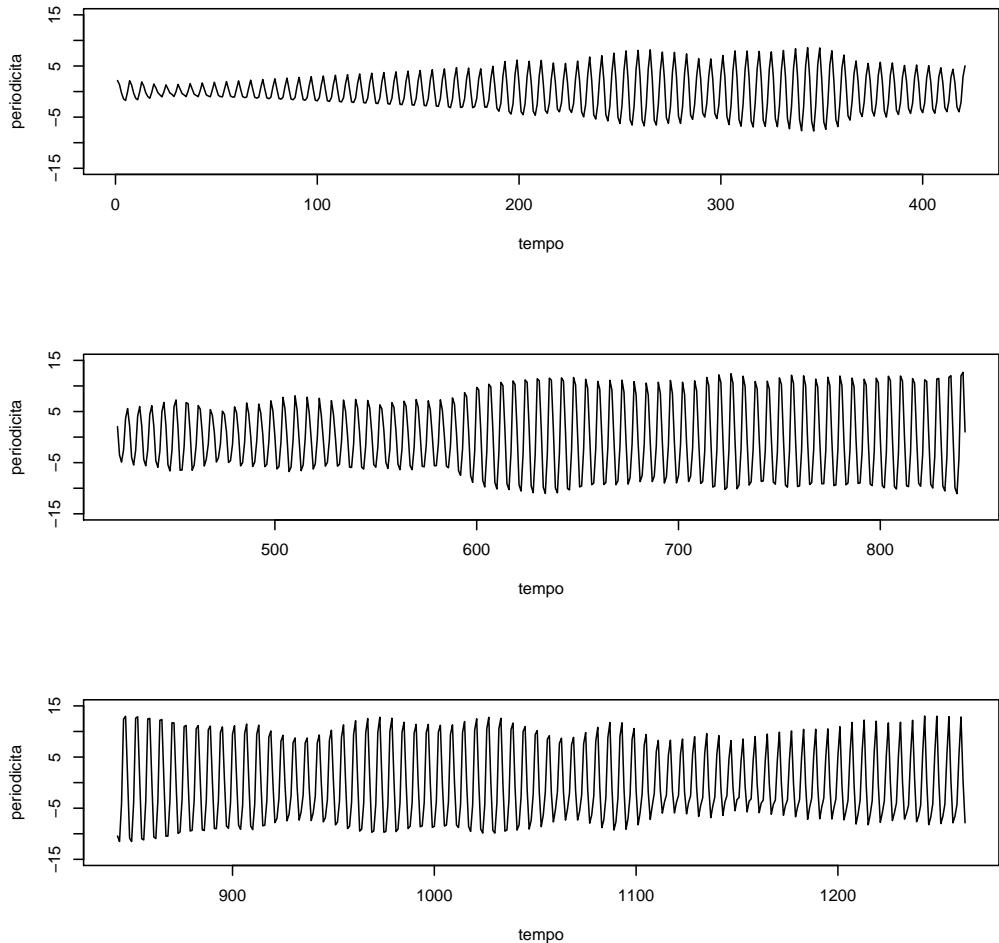


Figura 332: Componente Periodica - Tesi 7, Vigna 3

3.4.8 Slave Vigna 3 - Tesi 8

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 3.

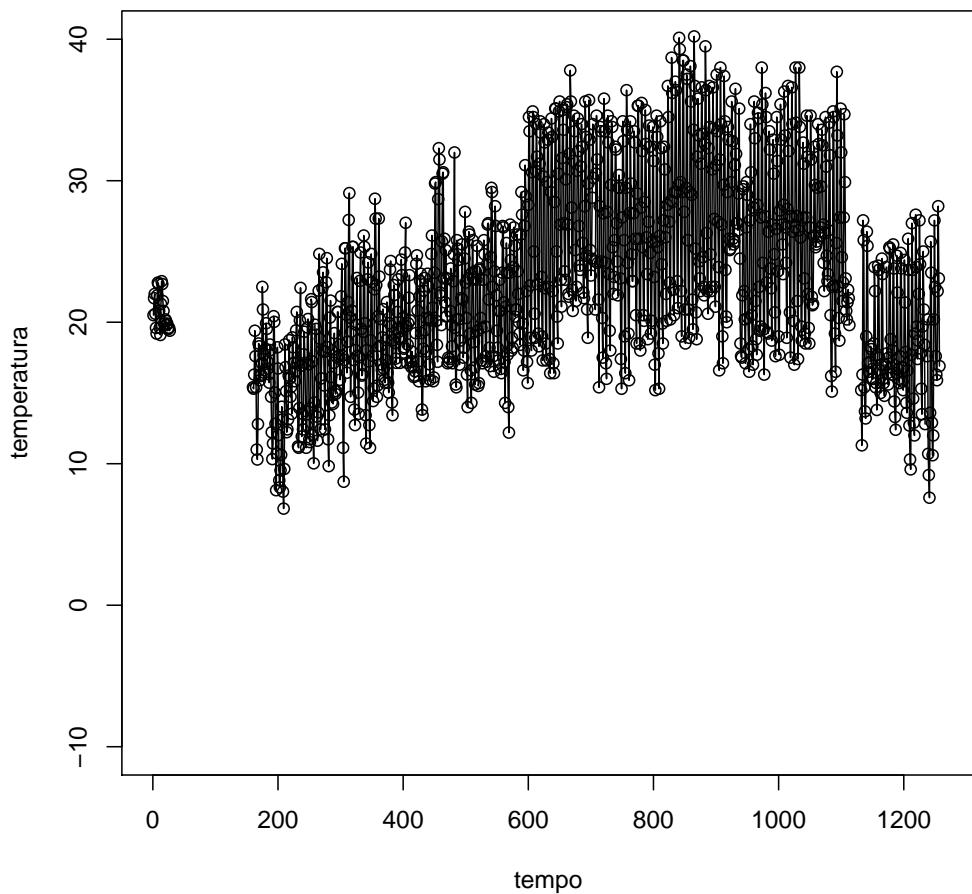


Figura 333: Dati Osservati - Tesi 8, Vigna 3

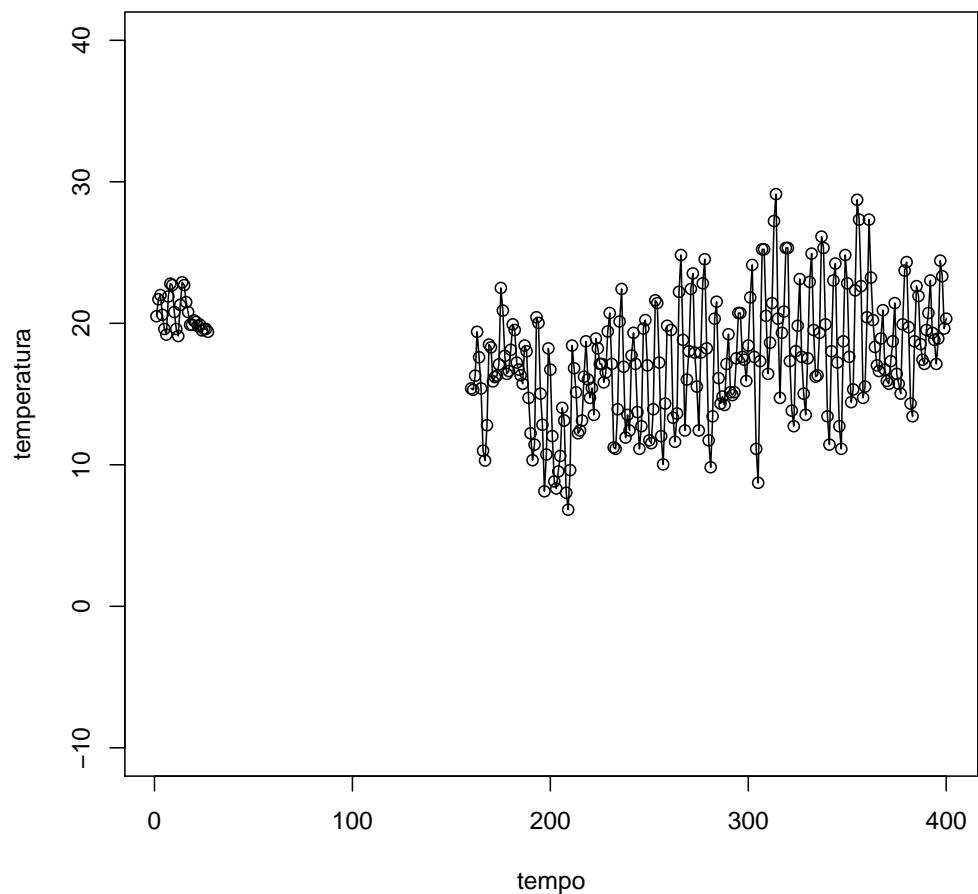


Figura 334: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 8, Vigna 3

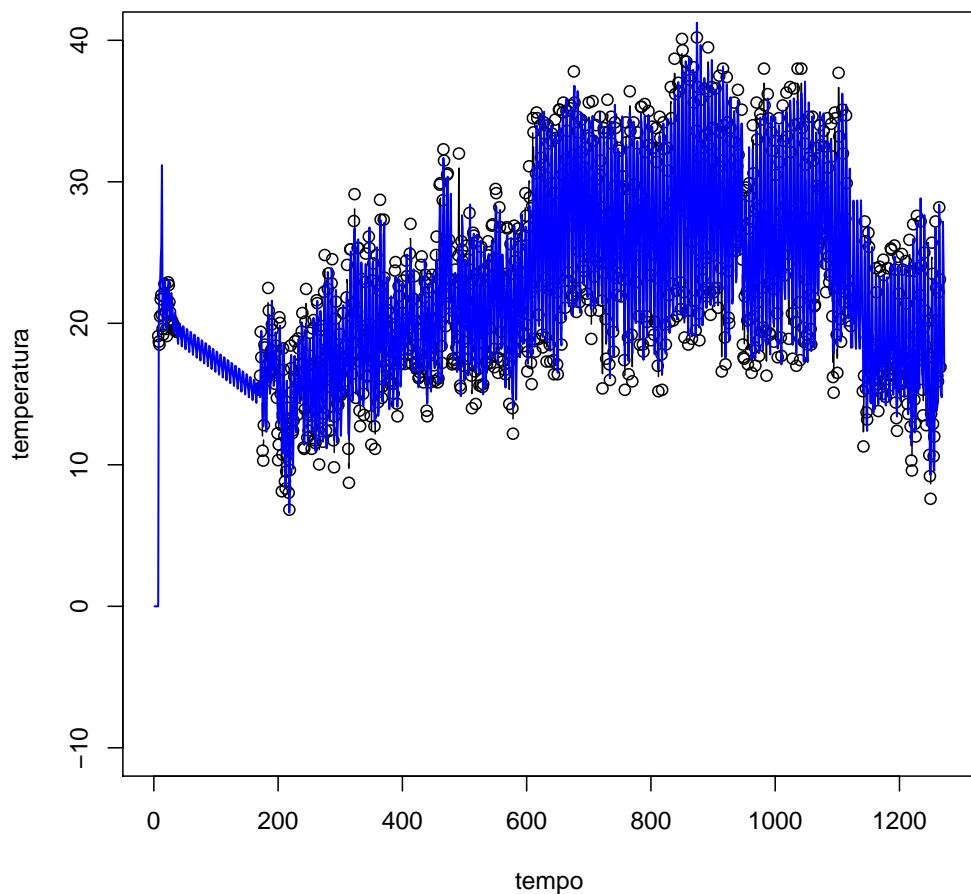


Figura 335: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 8, Vigna 3

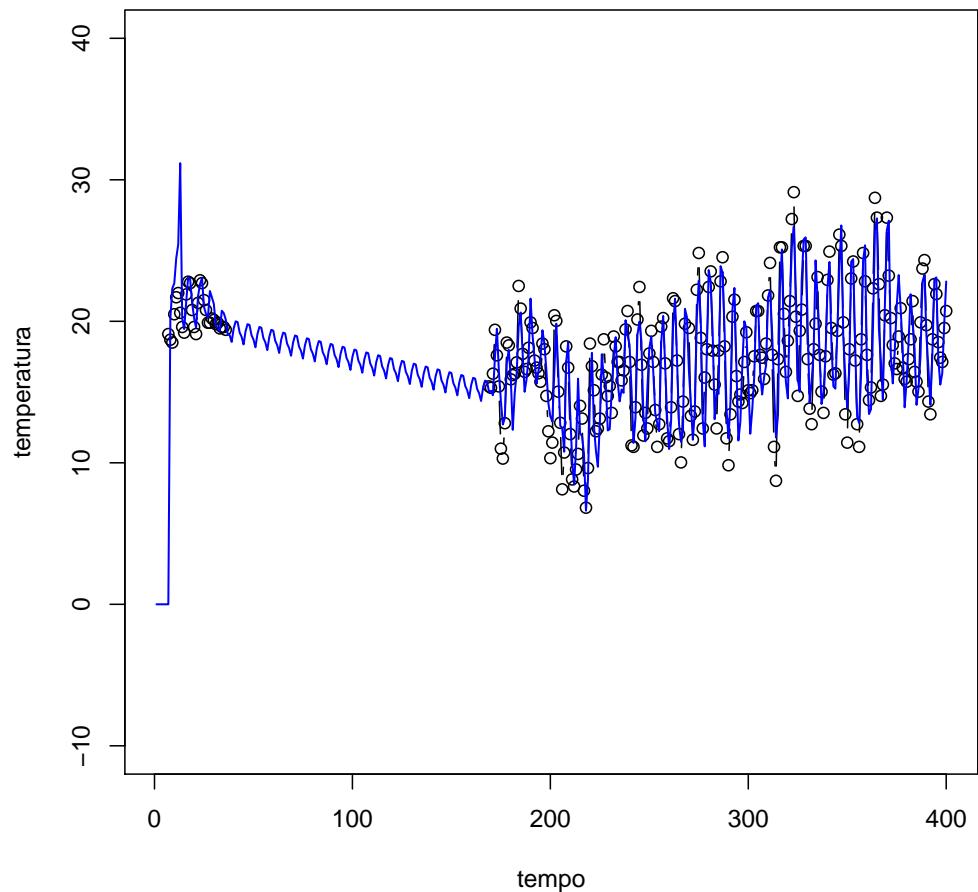


Figura 336: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 8, Vigna 3

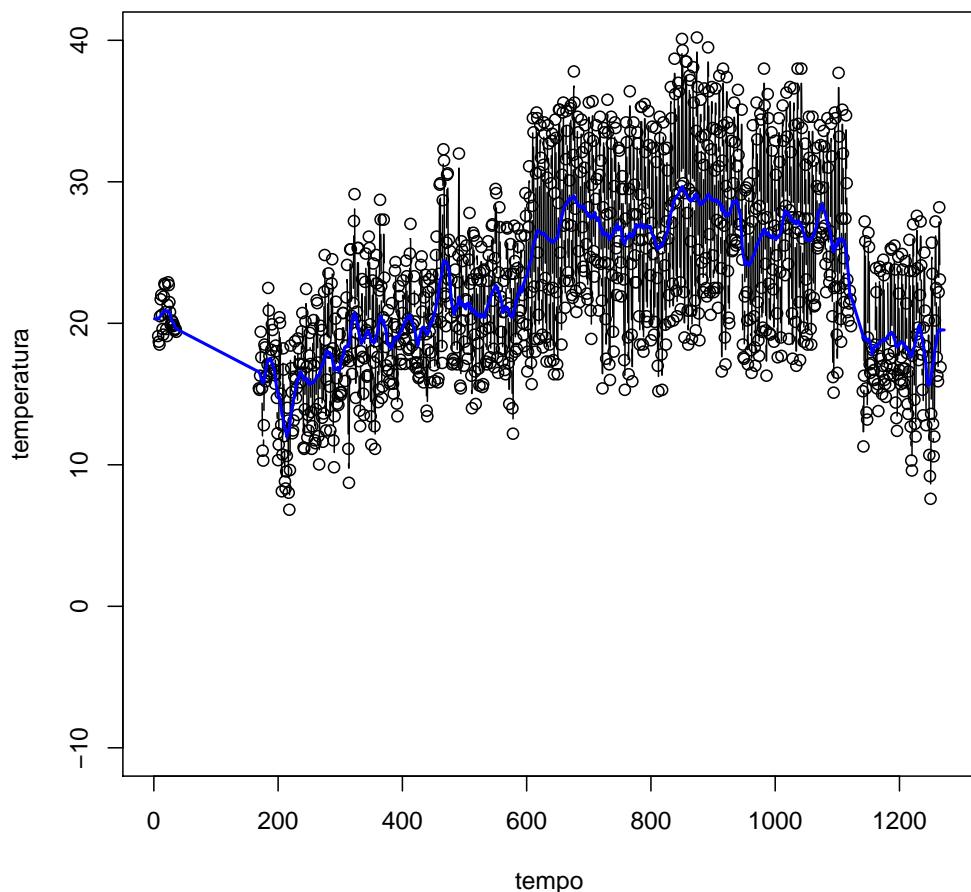


Figura 337: Smoother di Kalman - Tesi 8, Vigna 3

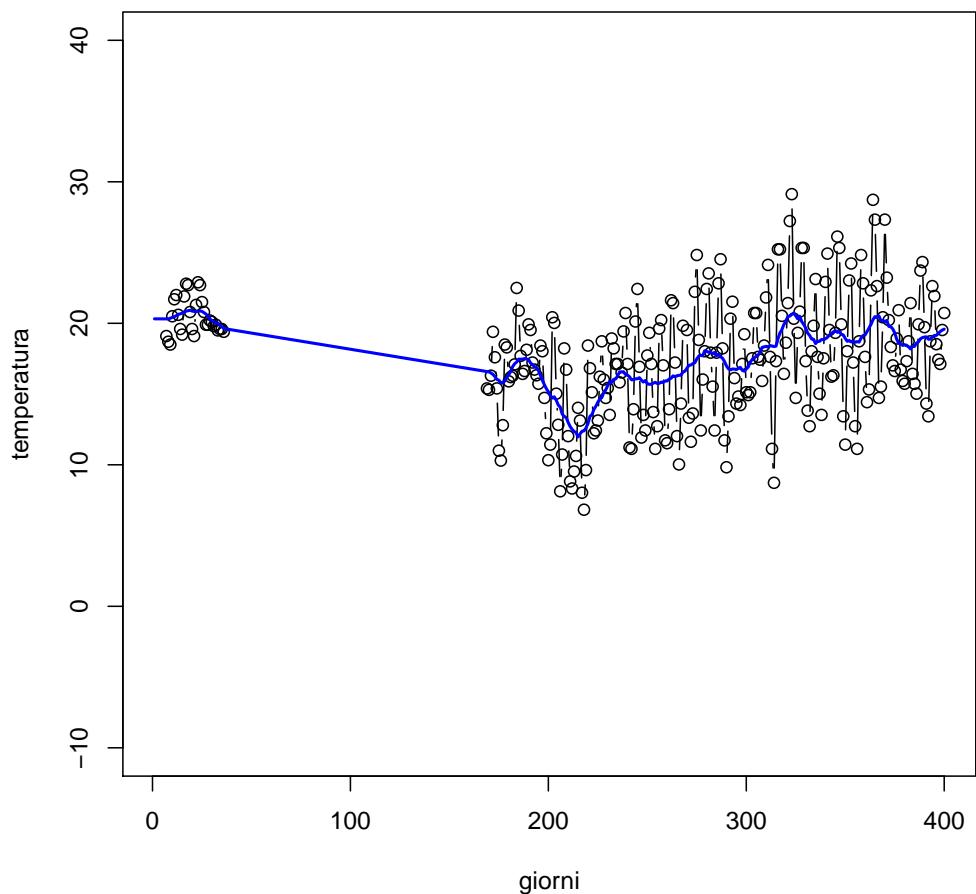


Figura 338: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 8, Vigna 3

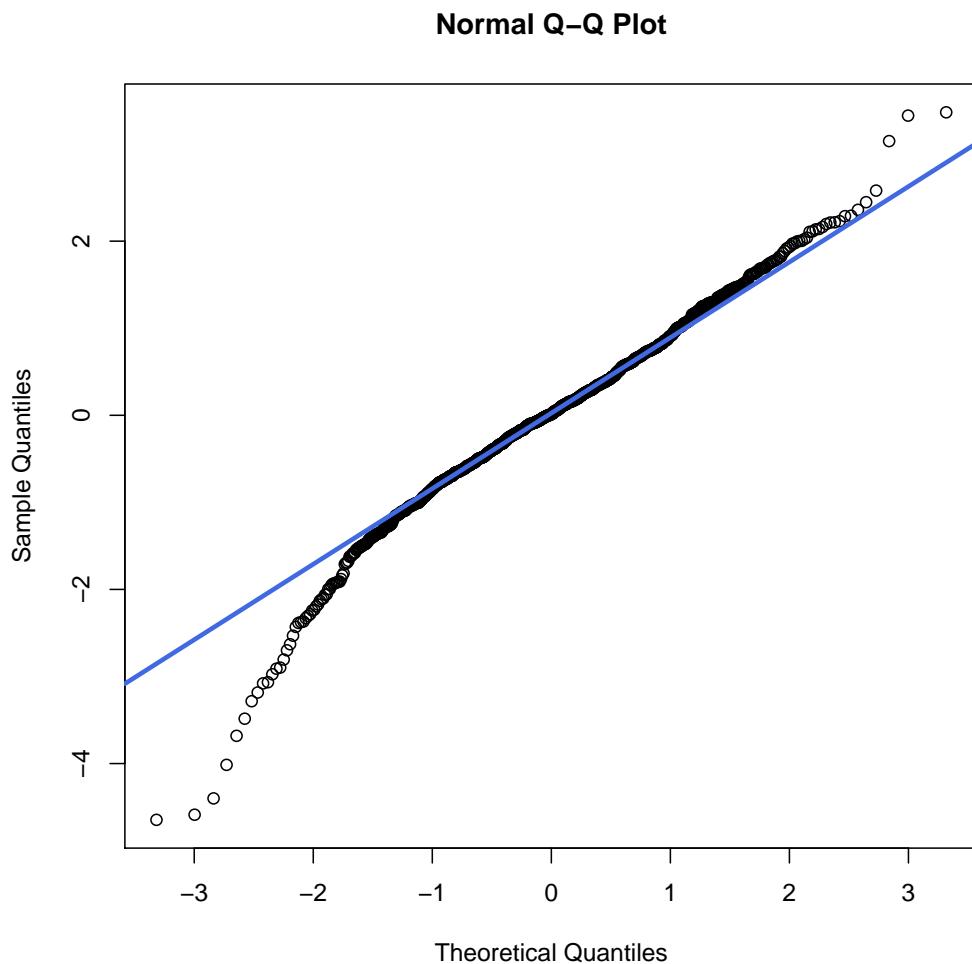


Figura 339: Q-Qplot - Tesi 8, Vigna 3

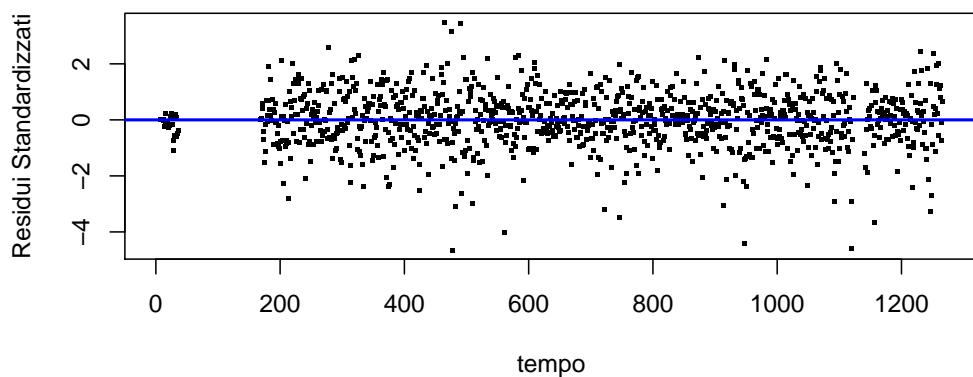
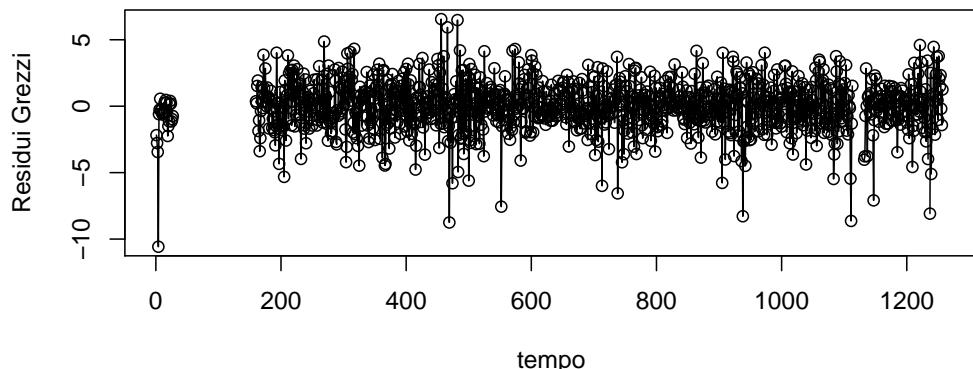


Figura 340: Analisi dei Residui - Tesi 8, Vigna 3

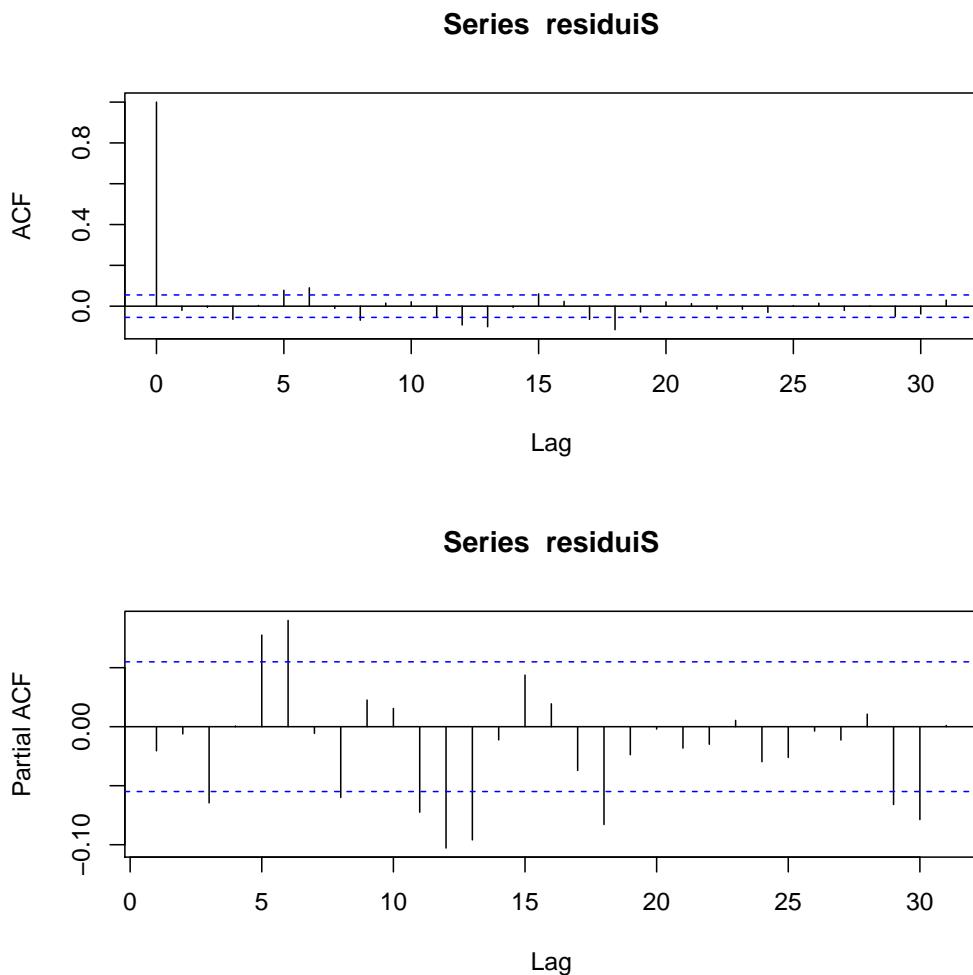


Figura 341: Grafici ACF e PACF - Tesi 8, Vigna 3

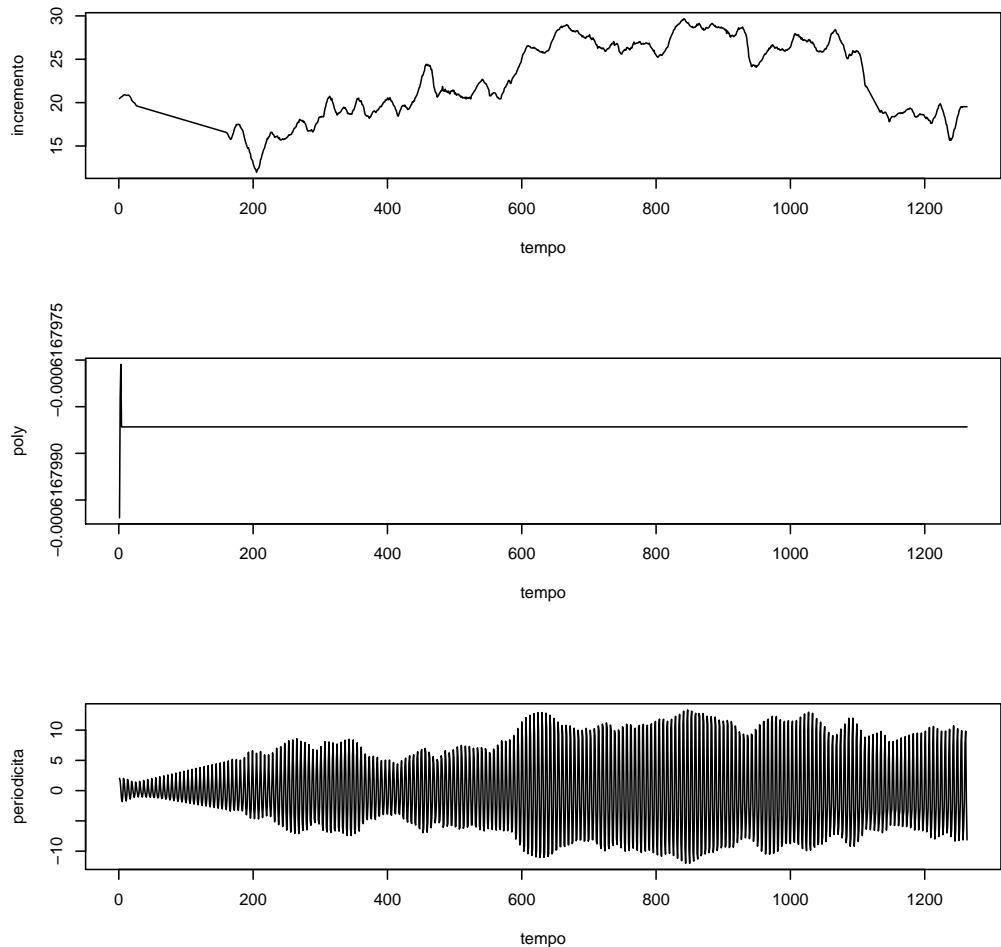


Figura 342: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 8, Vigna 3

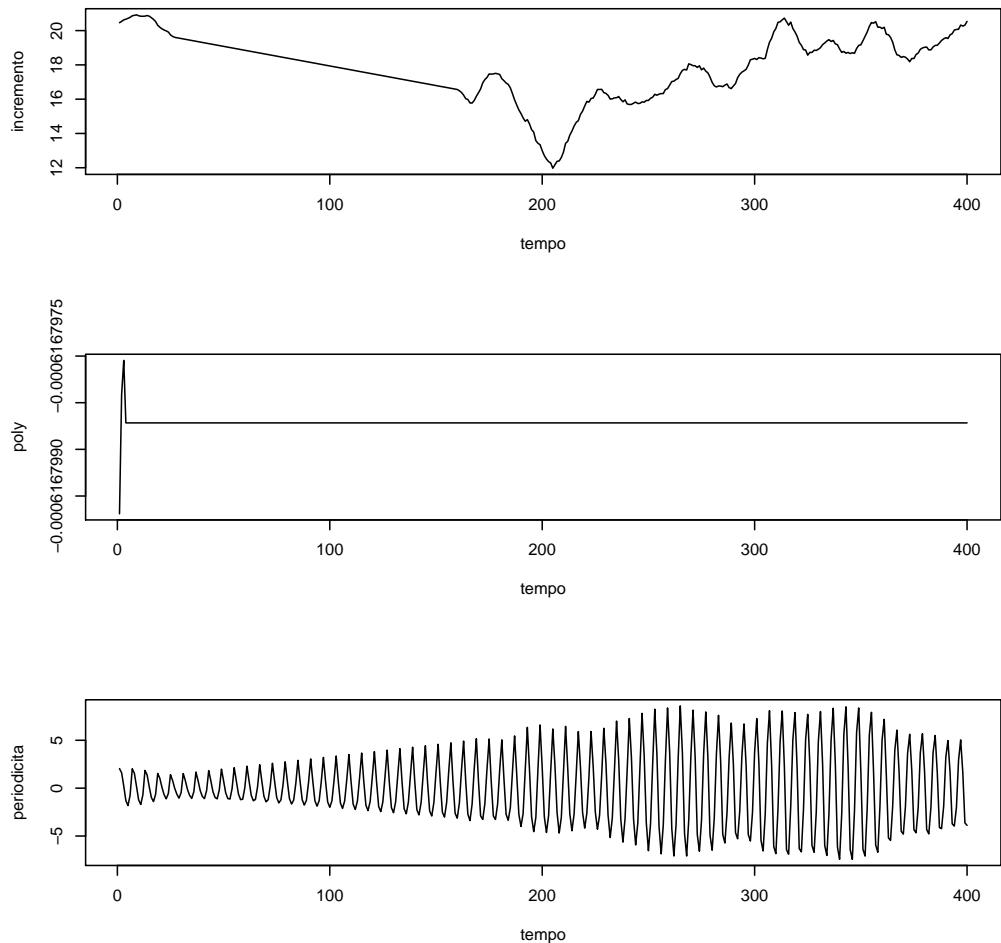


Figura 343: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 8, Vigna 3

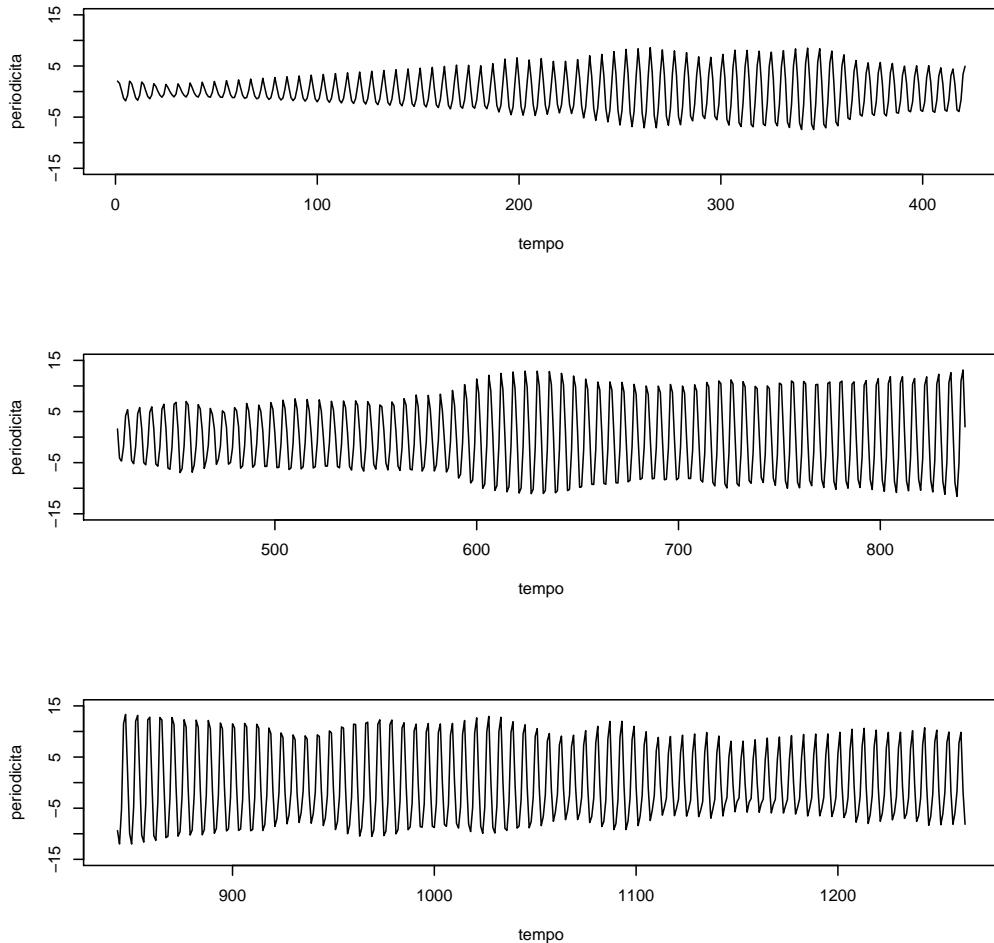


Figura 344: Componente Periodica - Tesi 8, Vigna 3

3.4.9 Scatter Plots Residui Slaves Vigna 3

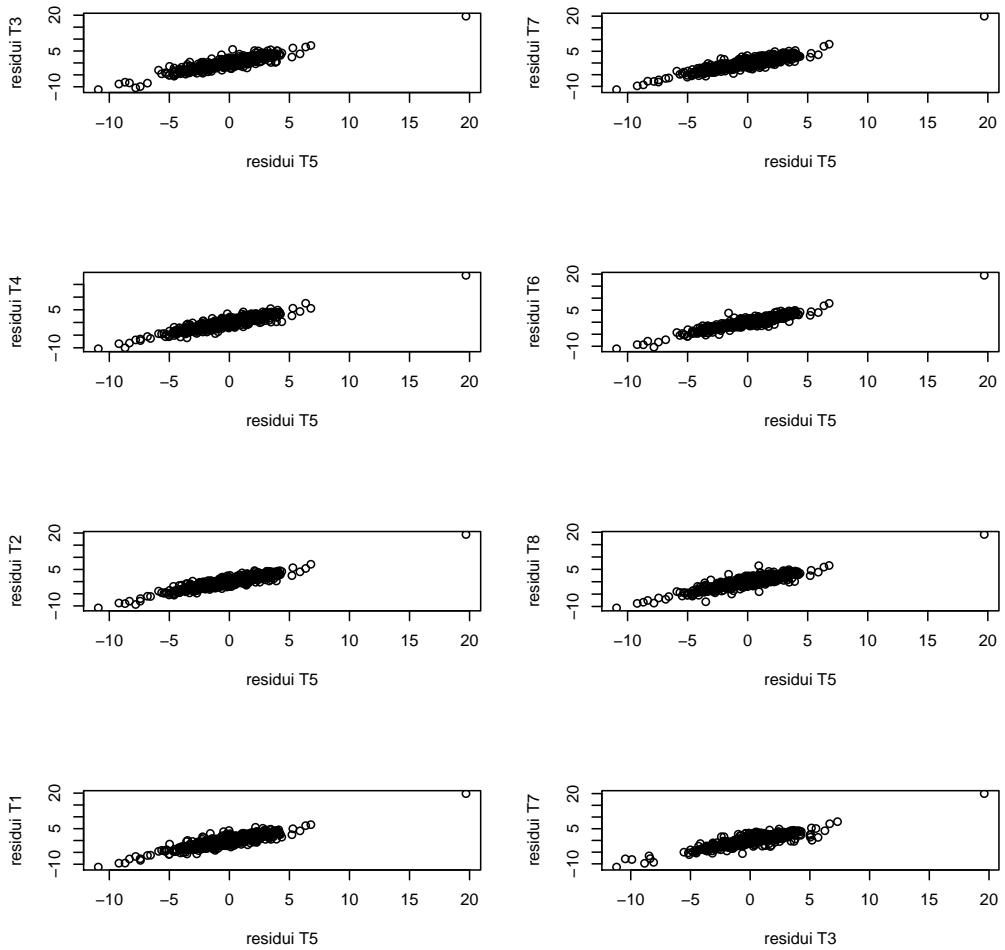


Figura 345: Scatter plots residui - Slaves Vigna 3

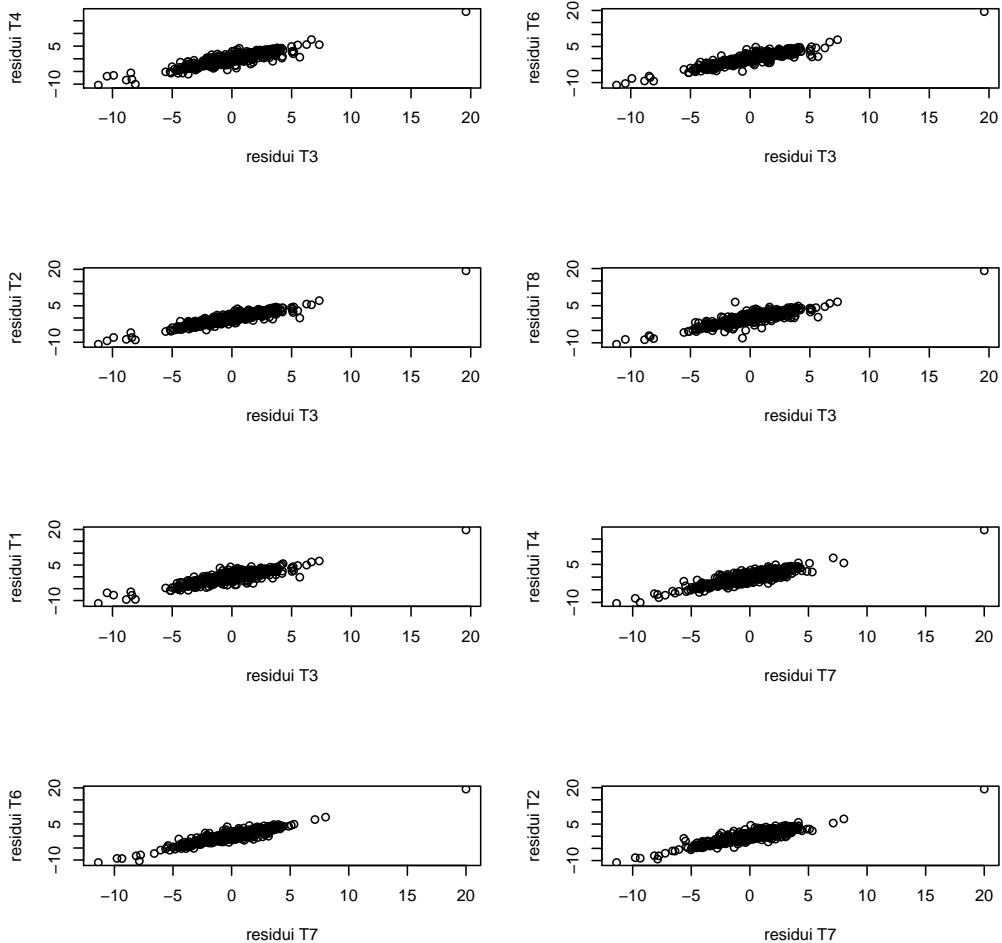


Figura 346: Scatter plots residui (2) - Slaves Vigna 3

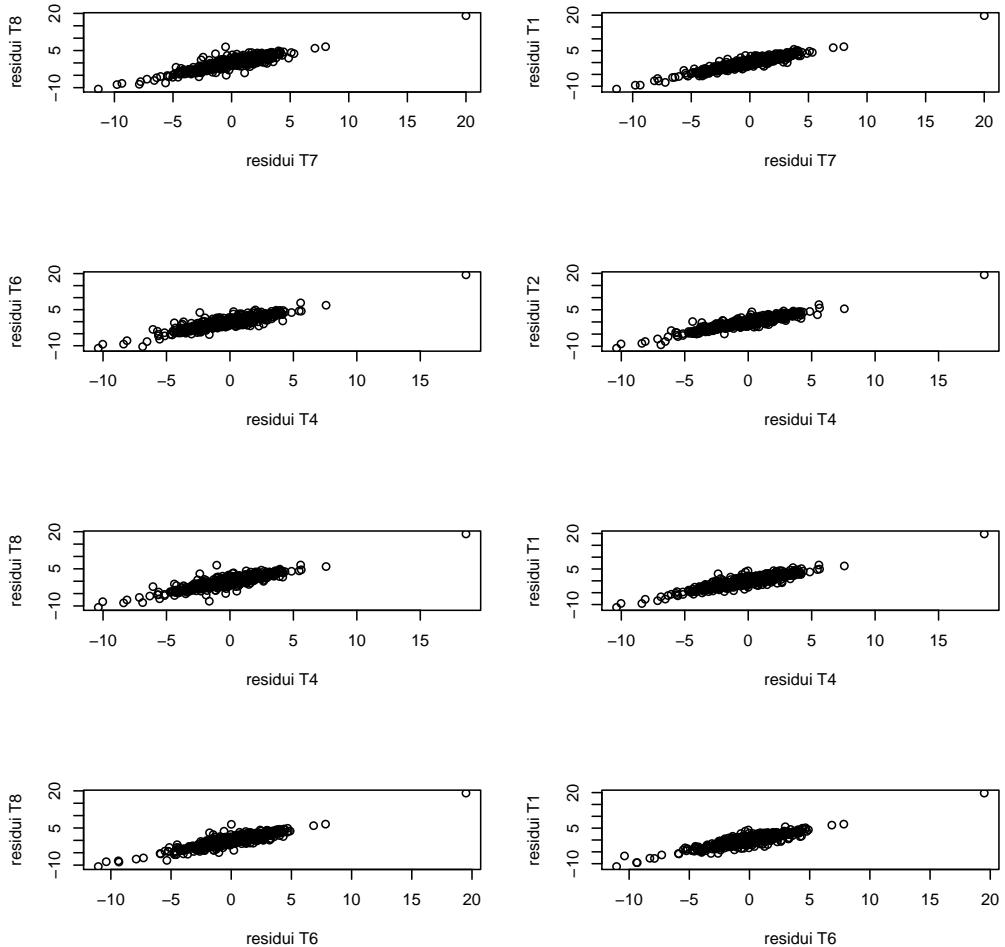


Figura 347: Scatter plots residui (3) - Slaves Vigna 3

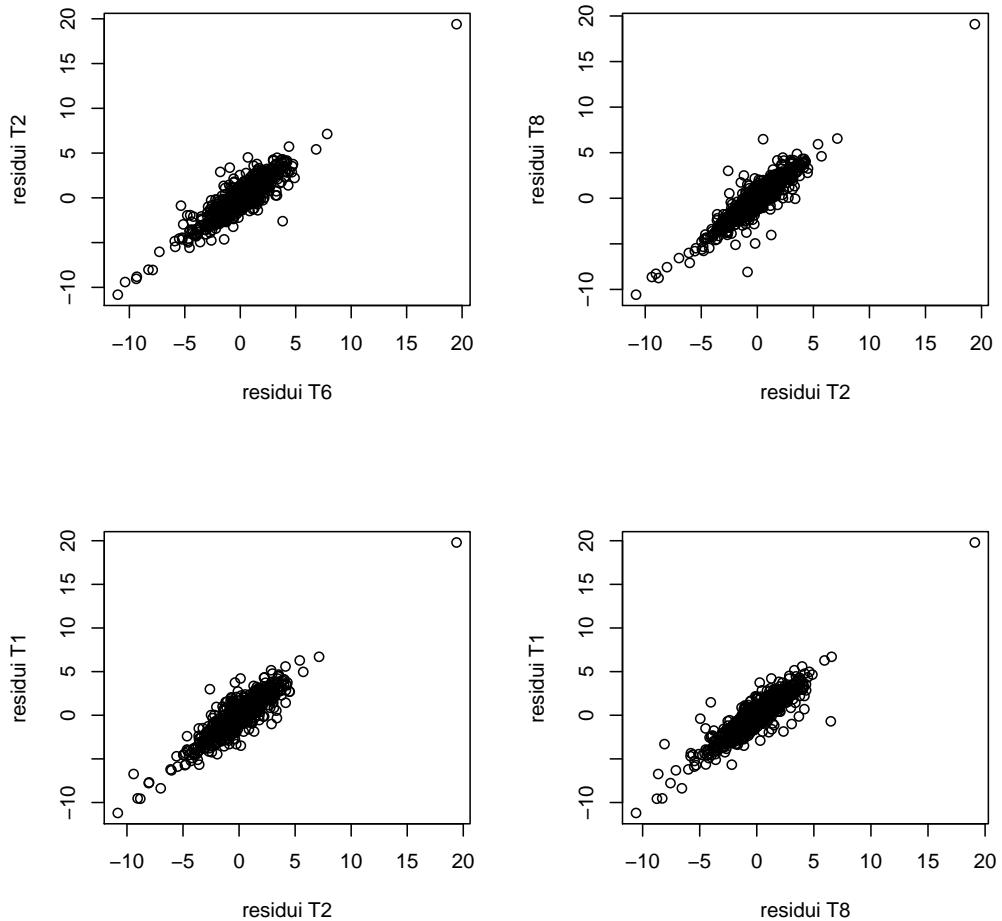


Figura 348: Scatter plots residui (4) - Slaves Vigna 3

3.5 SLAVES - Vigna 4

3.5.1 Slave Vigna 4 - Tesi 1

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 3.

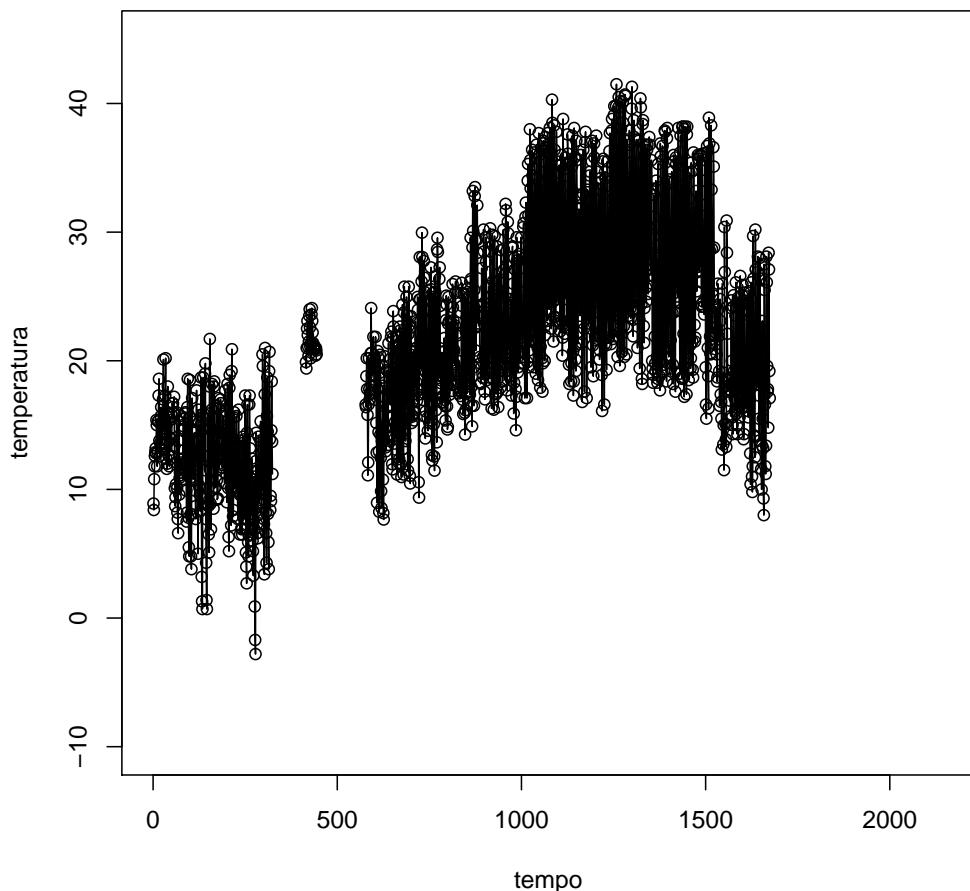


Figura 349: Dati Osservati - Tesi 1, Vigna 4

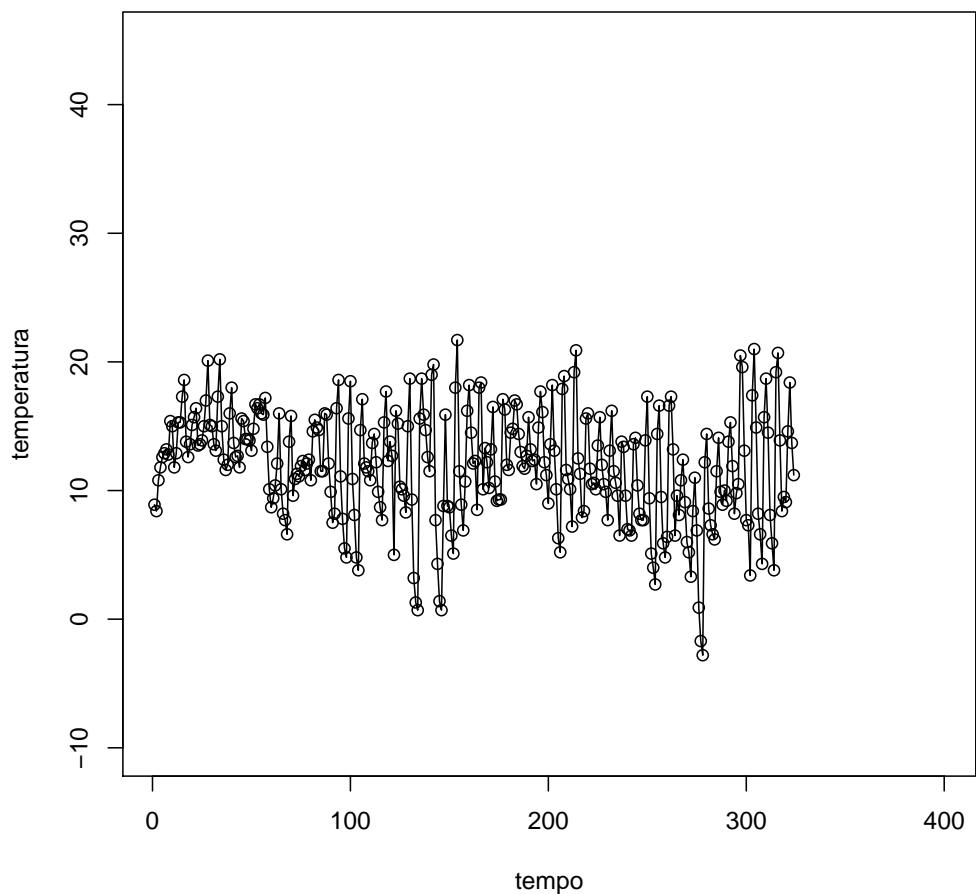


Figura 350: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 4

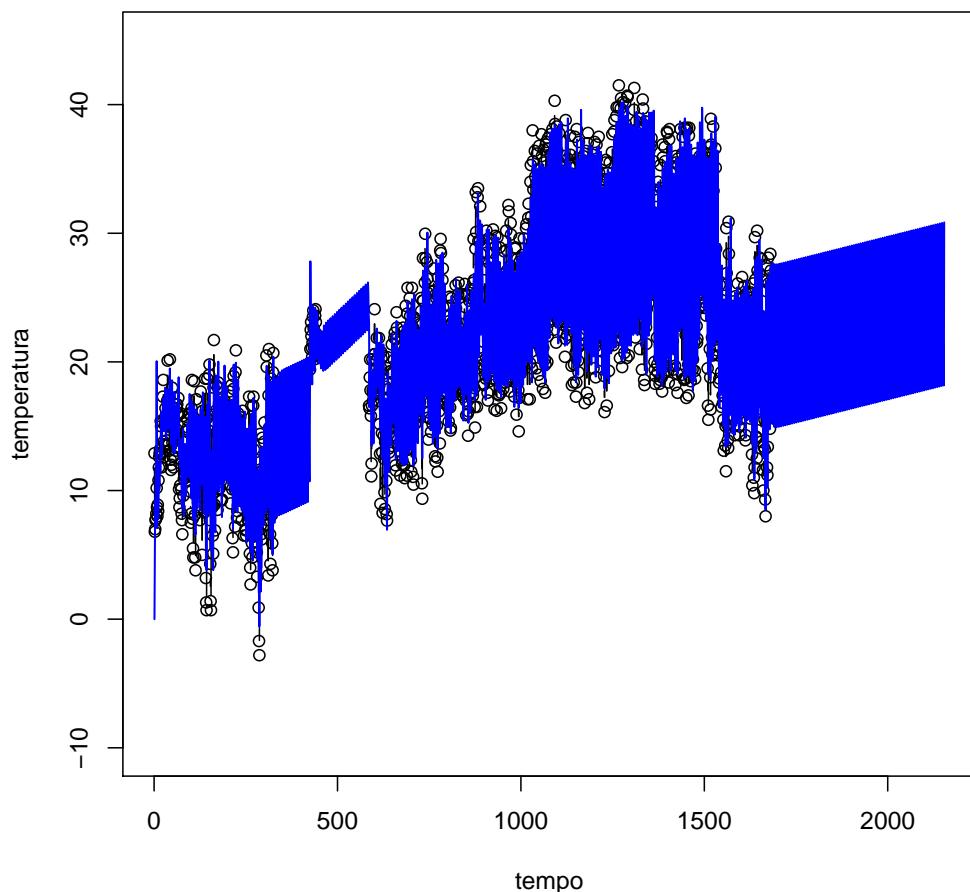


Figura 351: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 1, Vigna 4

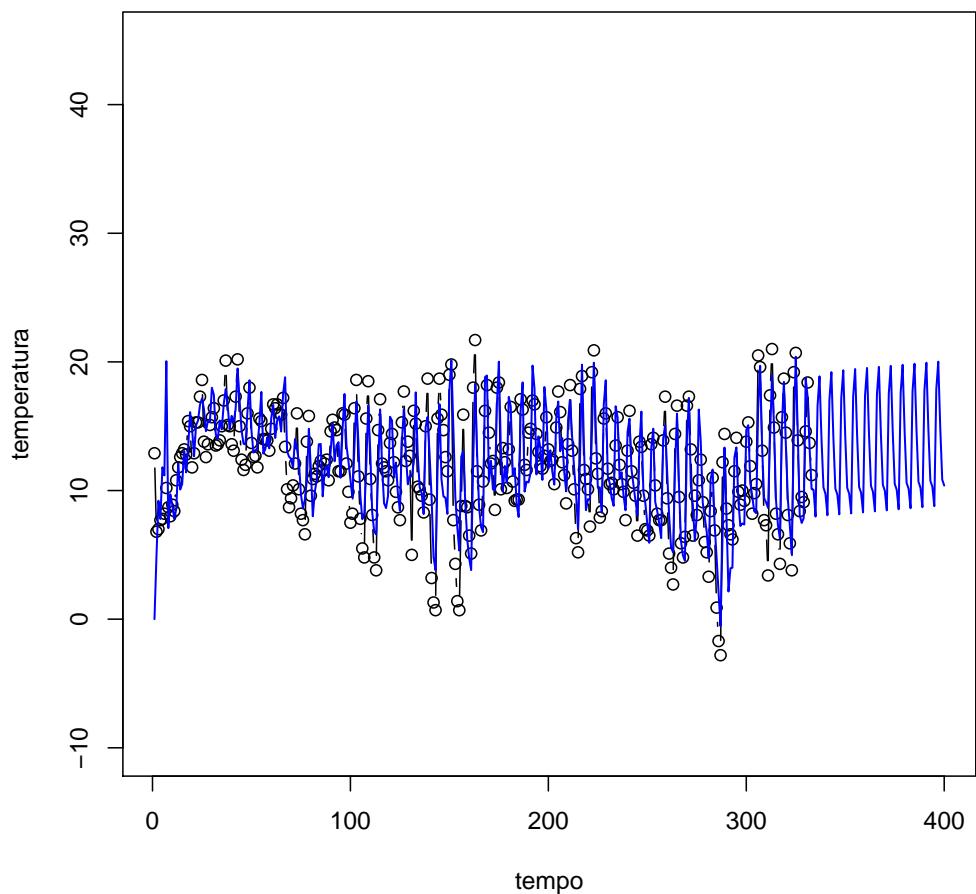


Figura 352: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 4

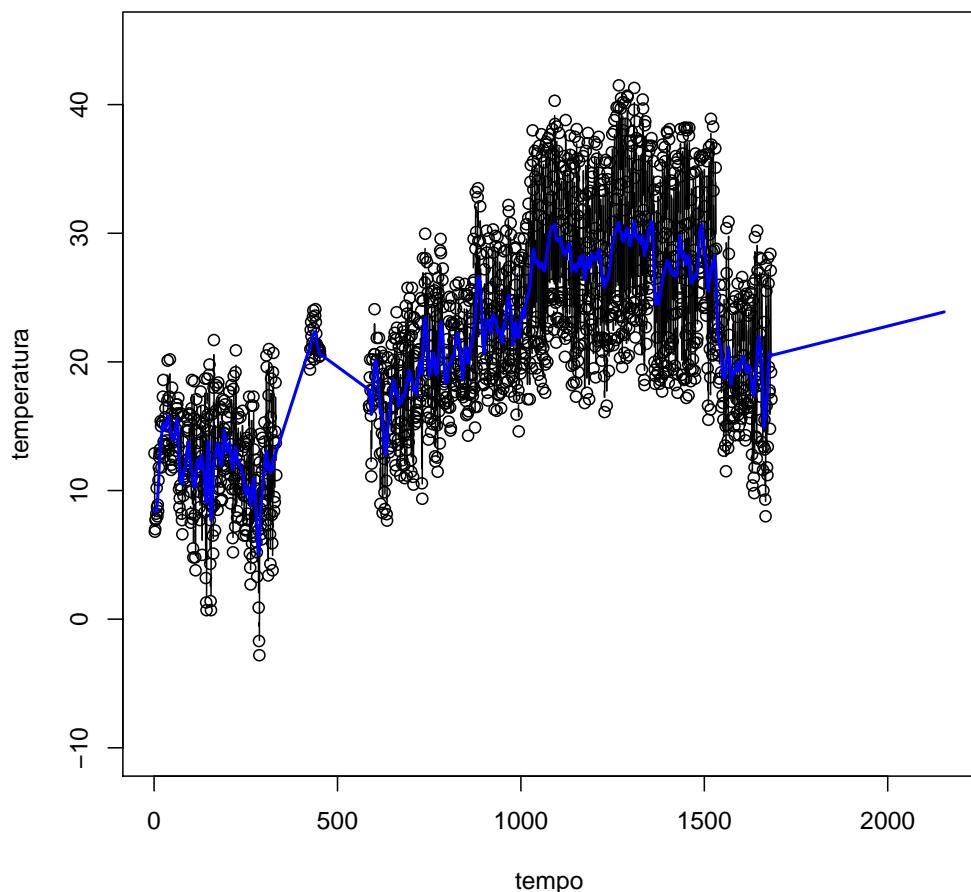


Figura 353: Smoother di Kalman - Tesi 1, Vigna 4

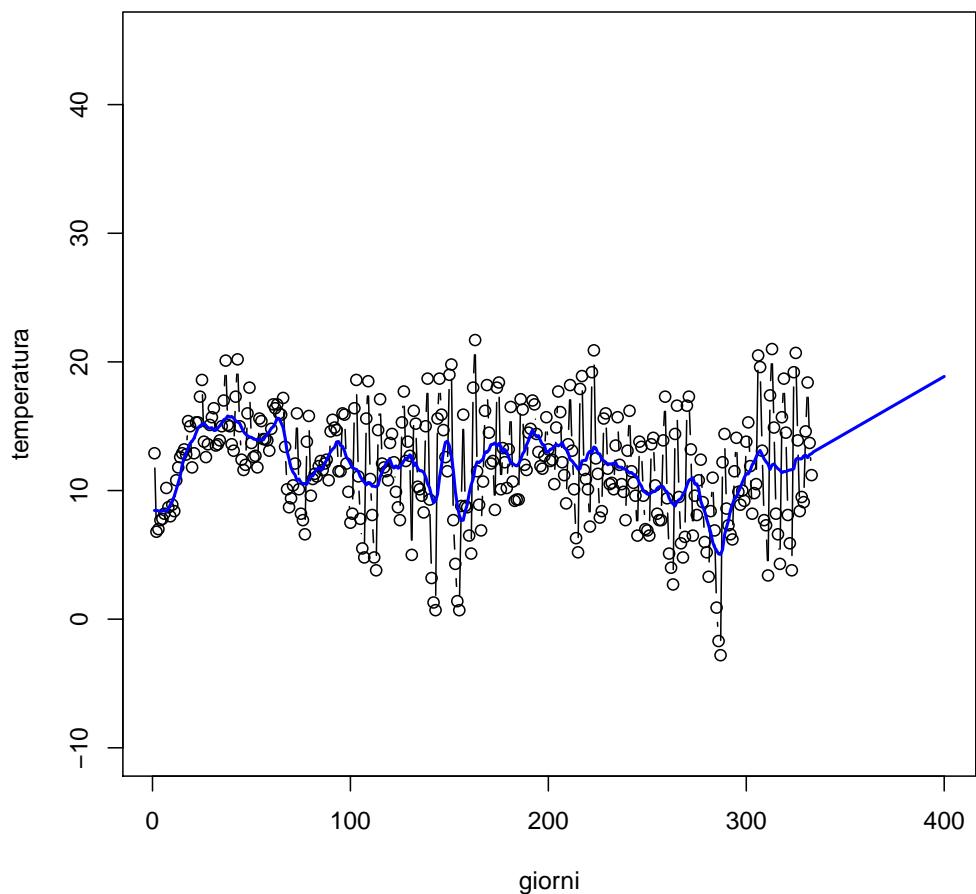


Figura 354: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 4

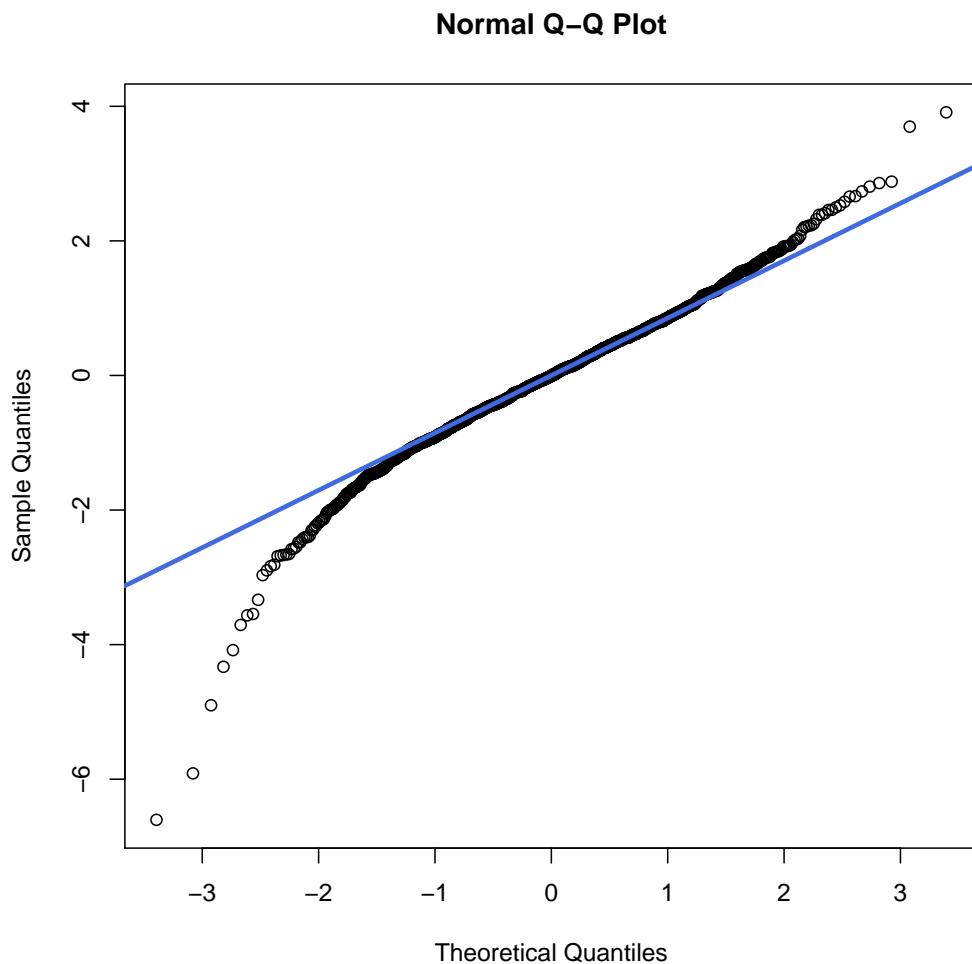


Figura 355: Q-Qplot - Tesi 1, Vigna 4

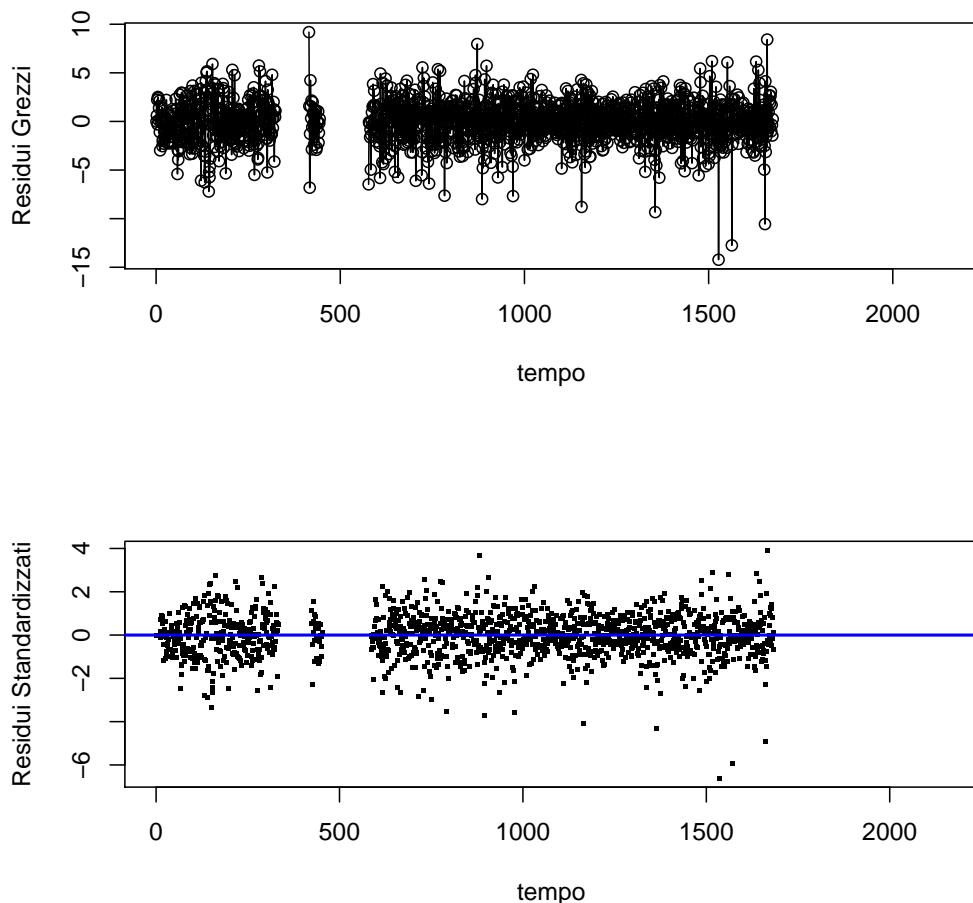


Figura 356: Analisi dei Residui - Tesi 1, Vigna 4

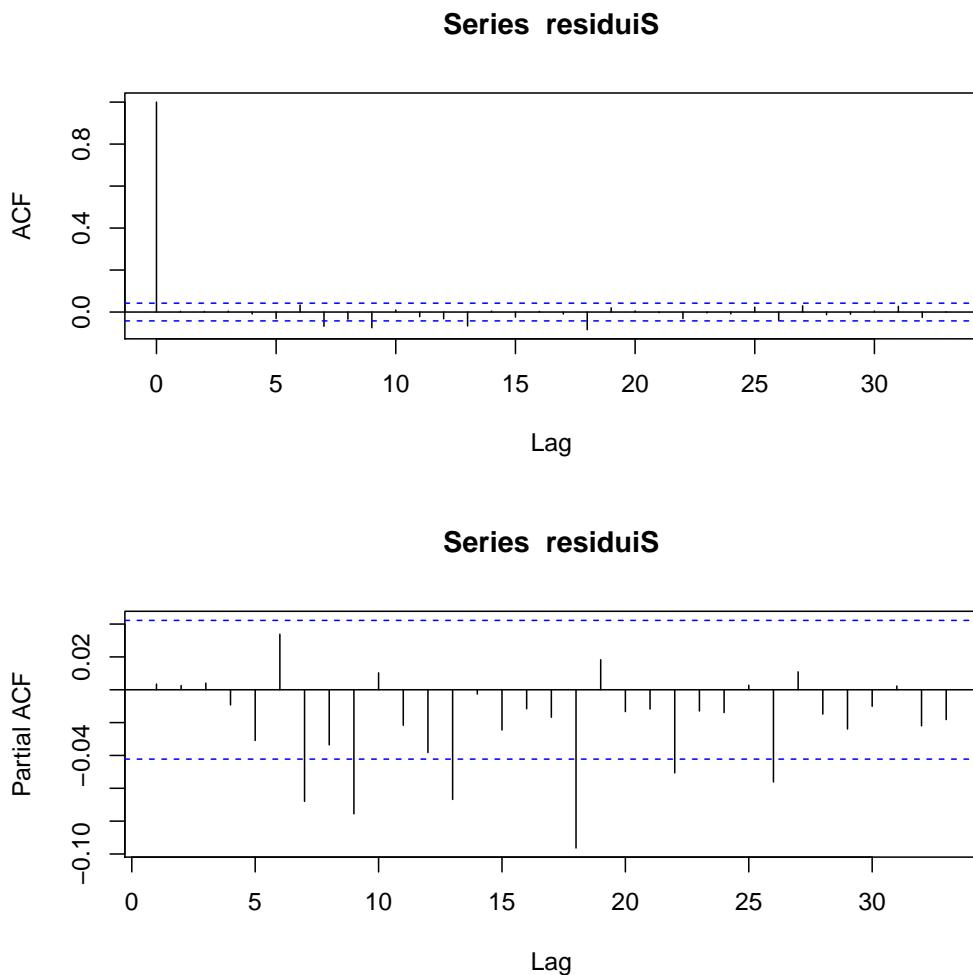


Figura 357: Grafici ACF e PACF - Tesi 1, Vigna 4

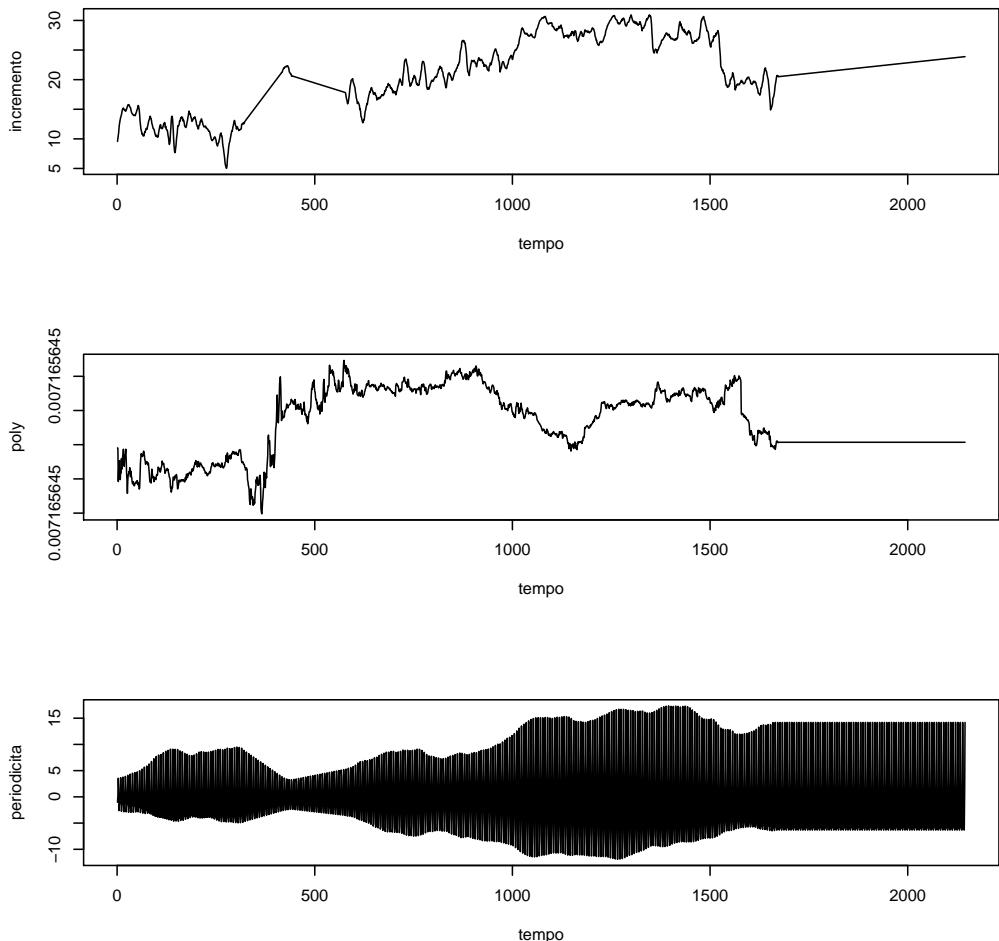


Figura 358: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 1, Vigna 4

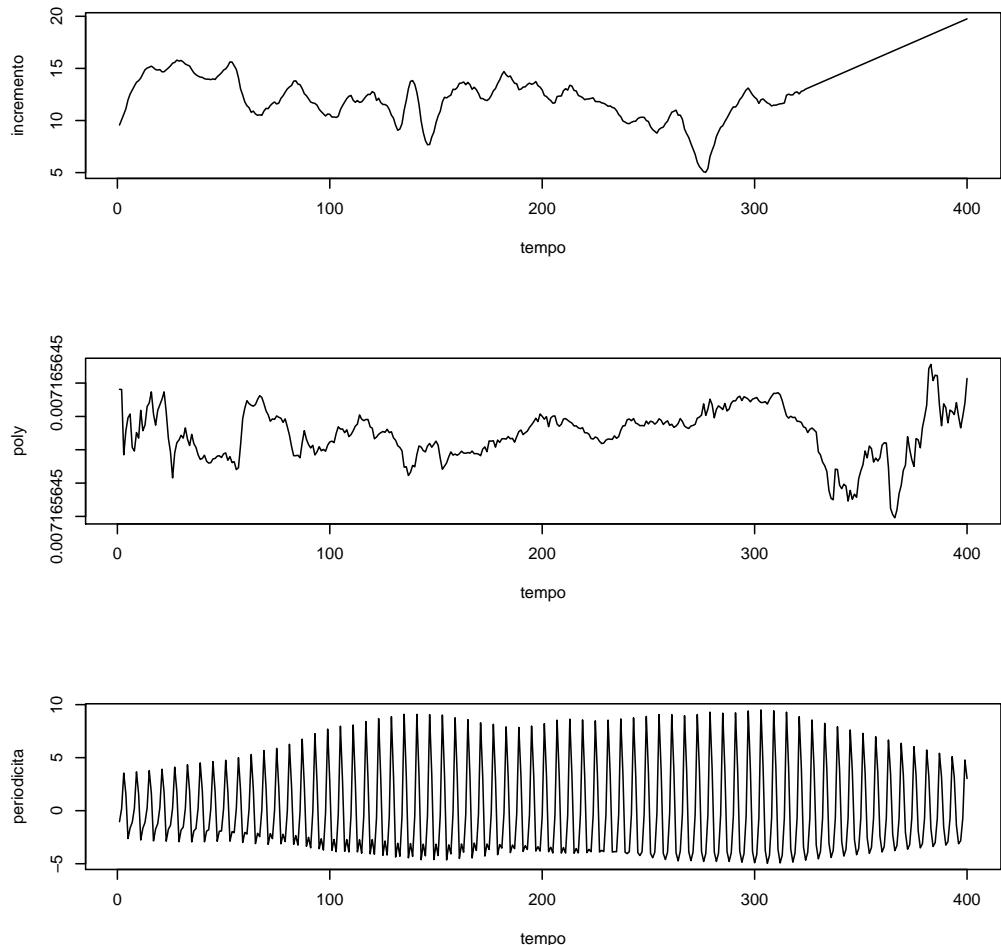


Figura 359: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 1, Vigna 4

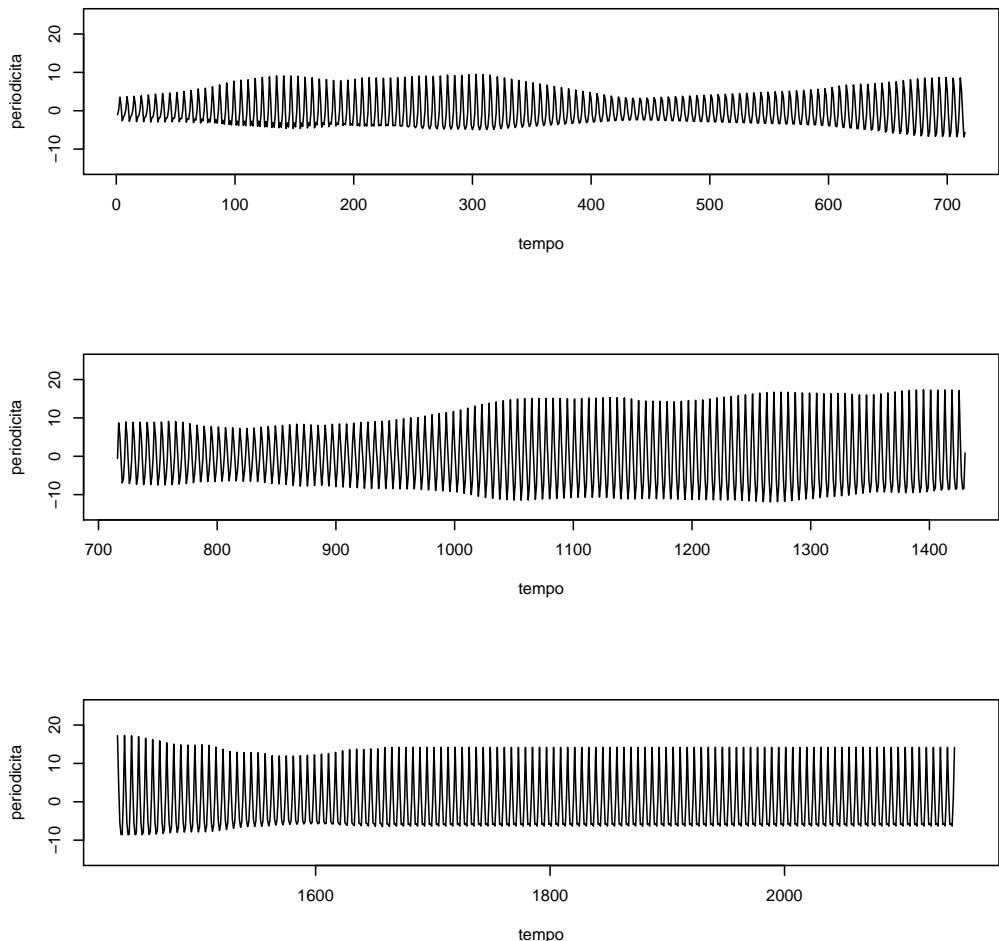


Figura 360: Componente Periodica - Tesi 1, Vigna 4

3.5.2 Slave Vigna 4 - Tesi 2

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 3.

Per questa tesi non sono presenti i grafici relativi alla finestra temporale che cattura i primi 100 giorni iniziali della serie storica poiché per tale periodo non sono presenti dati da analizzare.

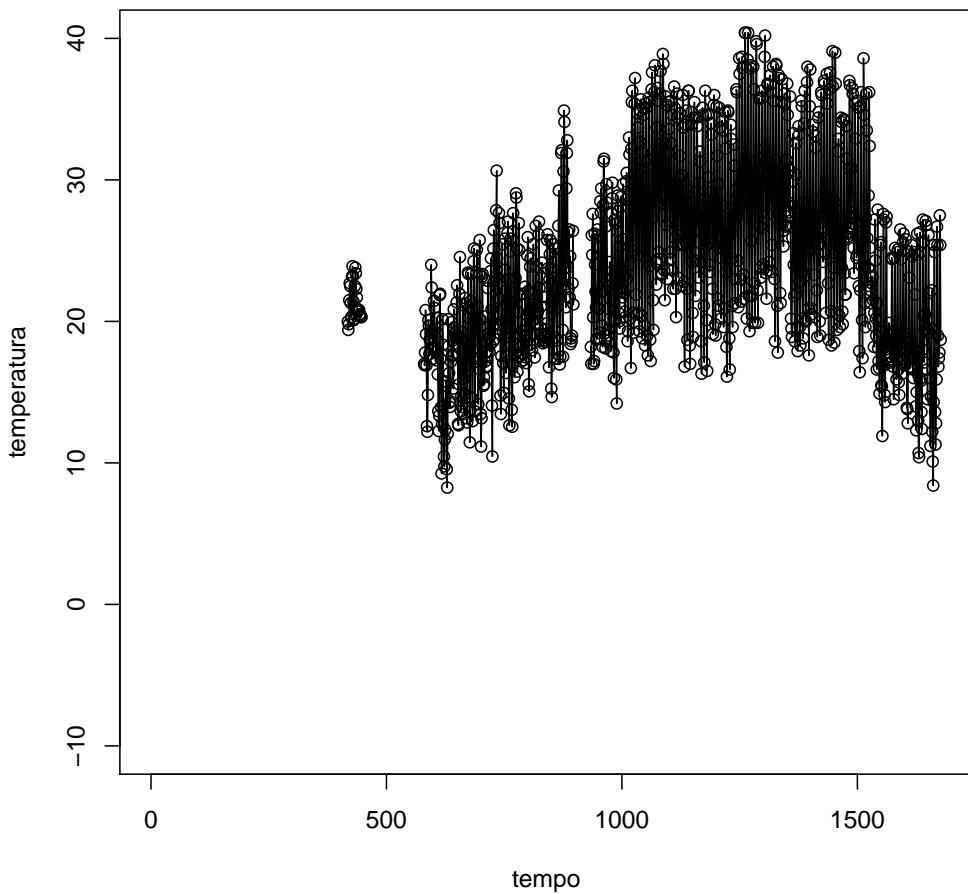


Figura 361: Dati Osservati - Tesi 2, Vigna 4

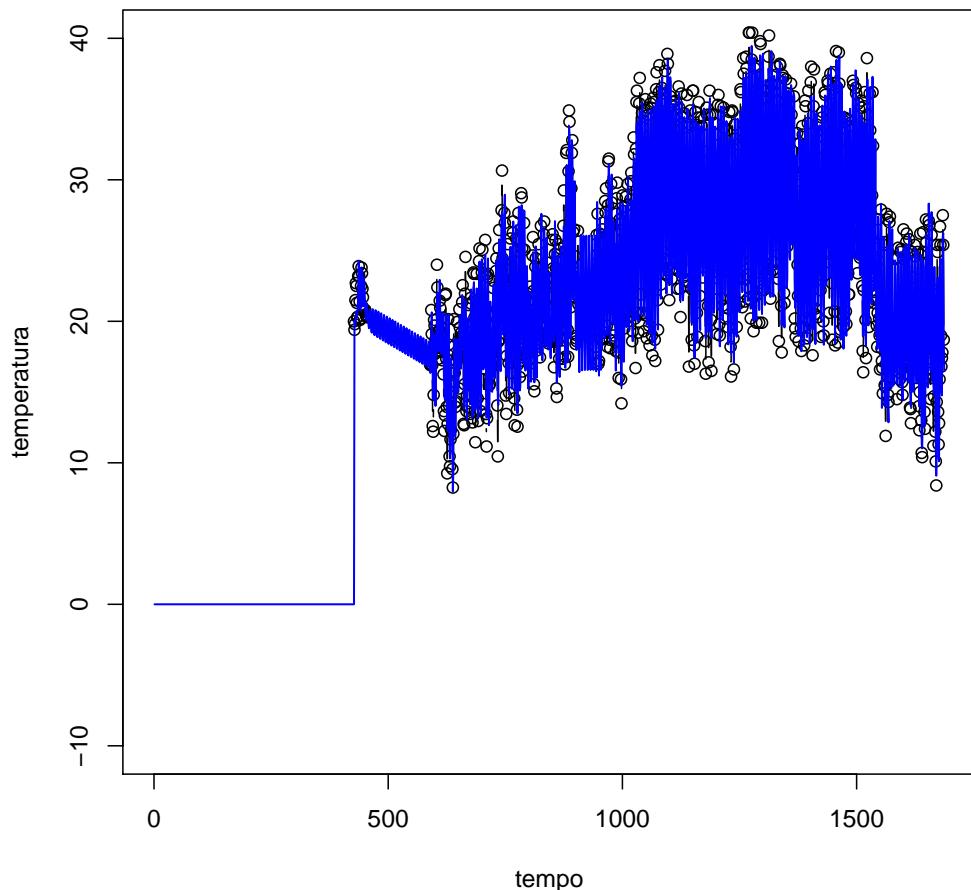


Figura 362: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 2, Vigna 4

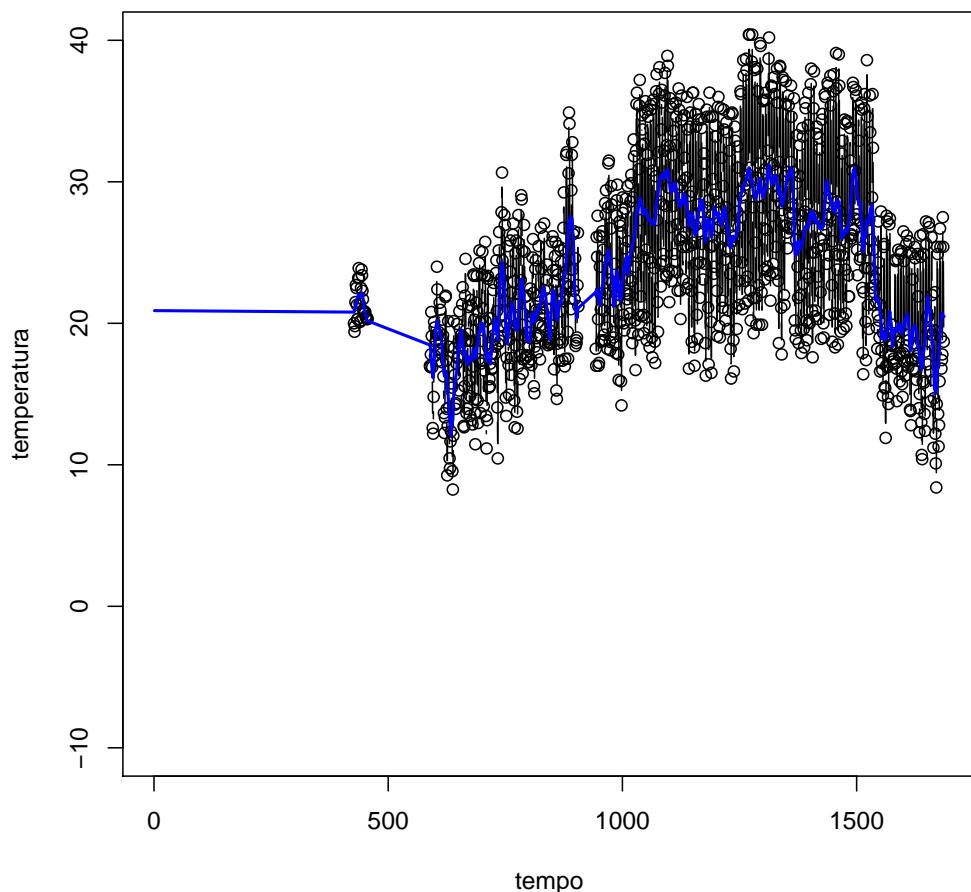


Figura 363: Smoother di Kalman - Tesi 2, Vigna 4

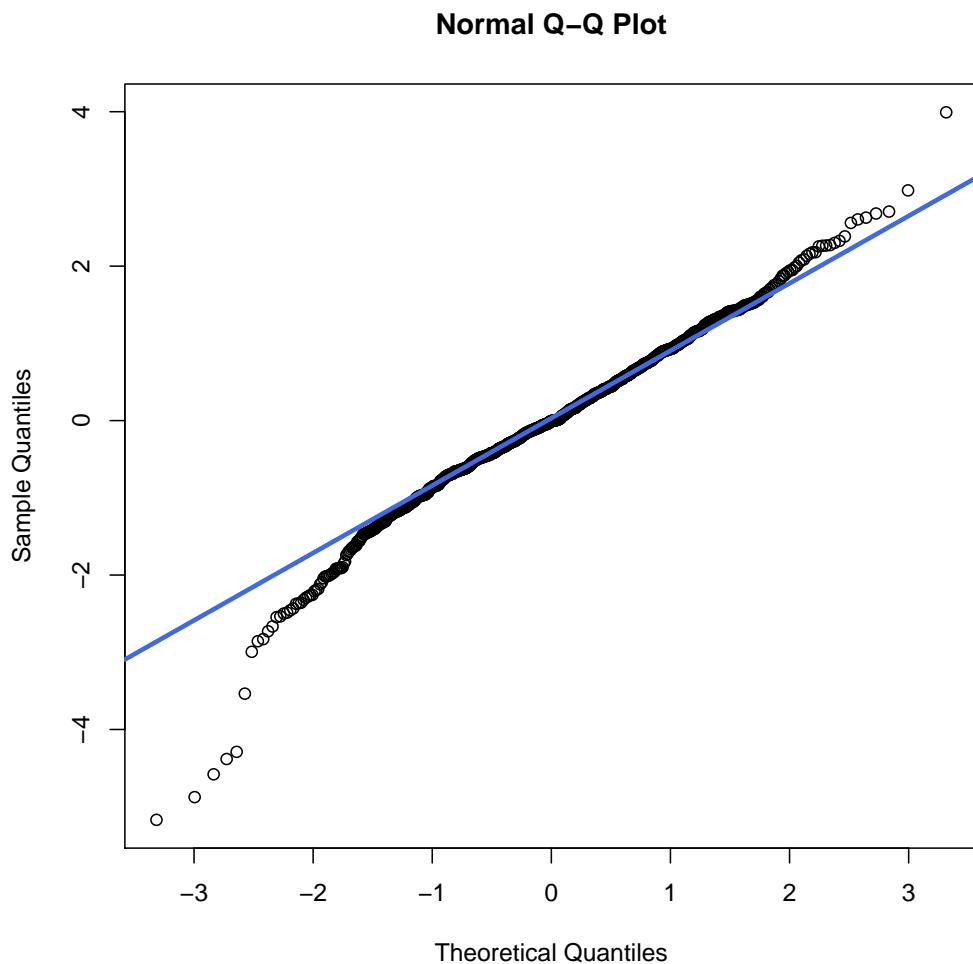


Figura 364: Q-Qplot - Tesi 2, Vigna 4

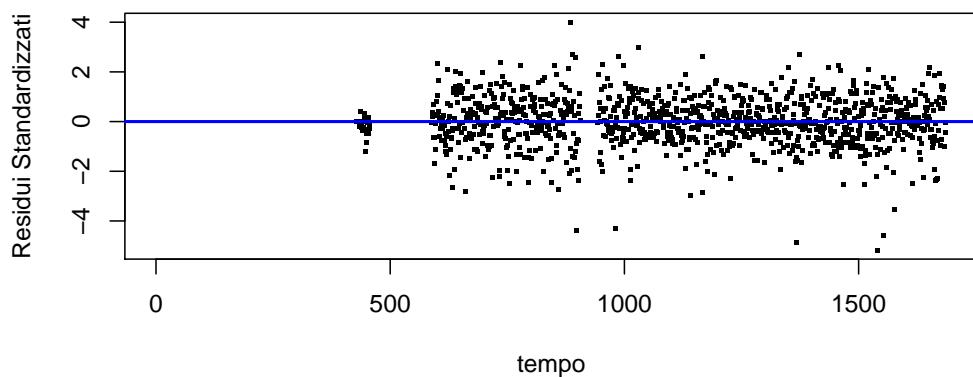
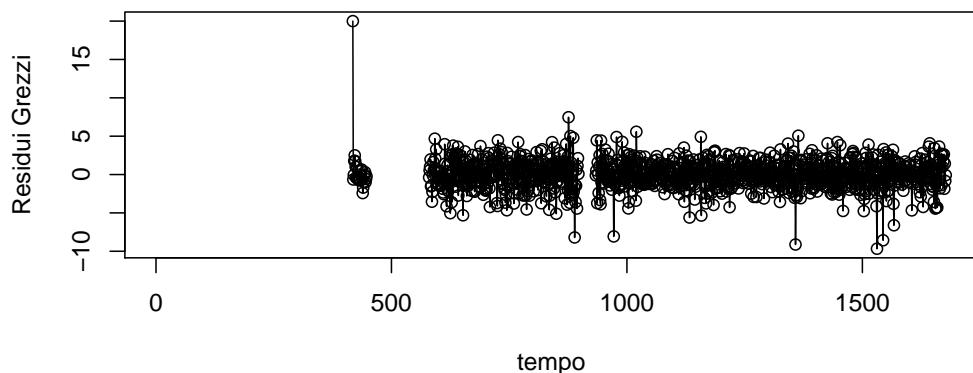


Figura 365: Analisi dei Residui - Tesi 2, Vigna 4

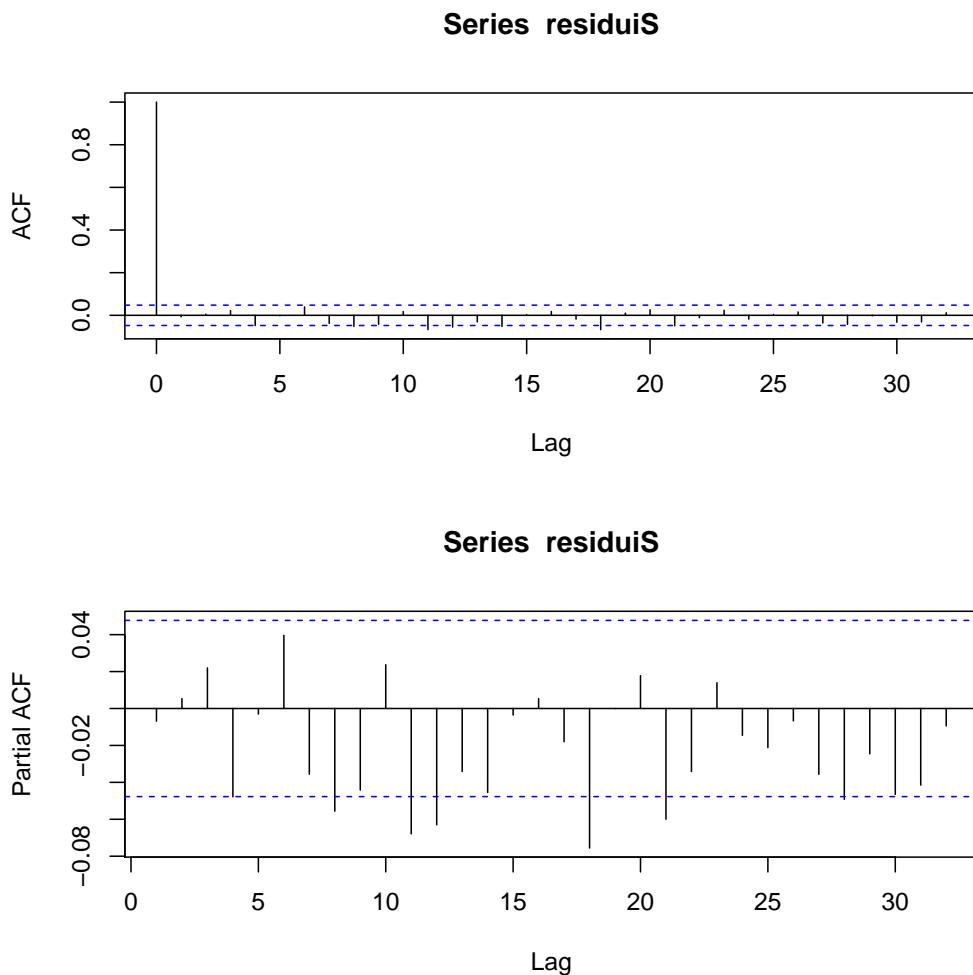


Figura 366: Grafici ACF e PACF - Tesi 2, Vigna 4

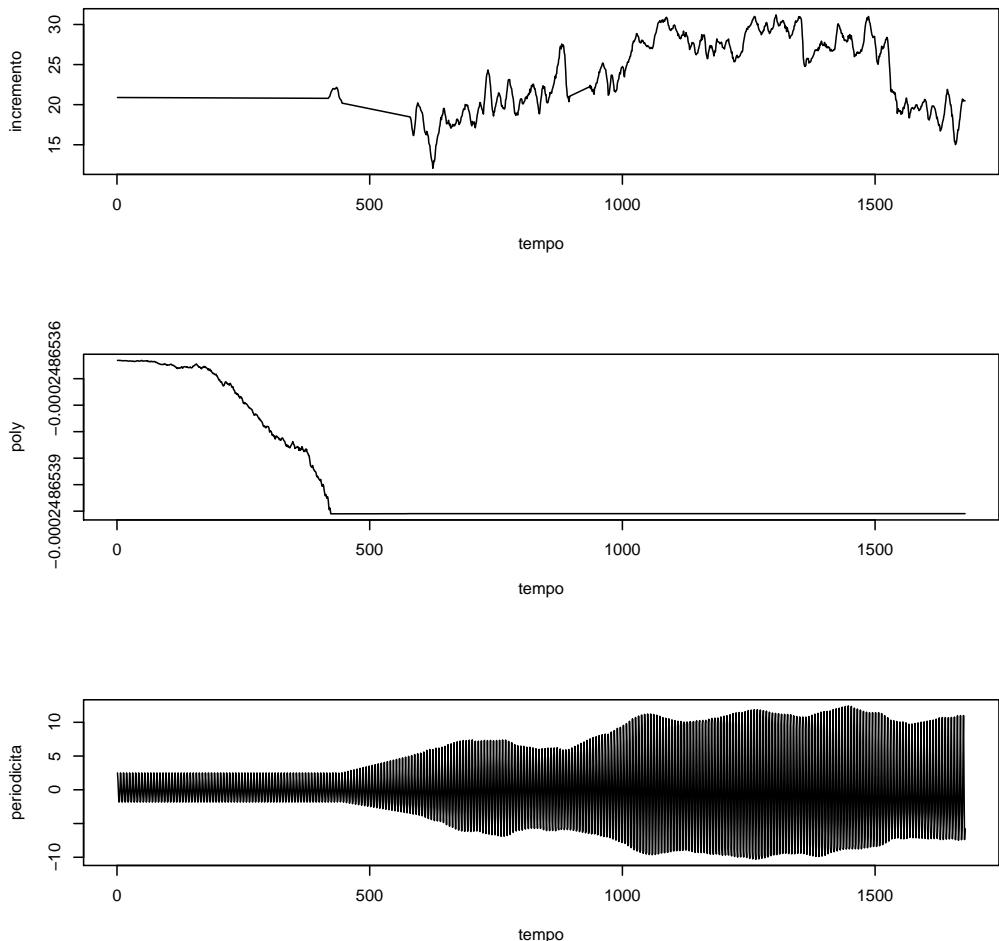


Figura 367: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 2, Vigna 4

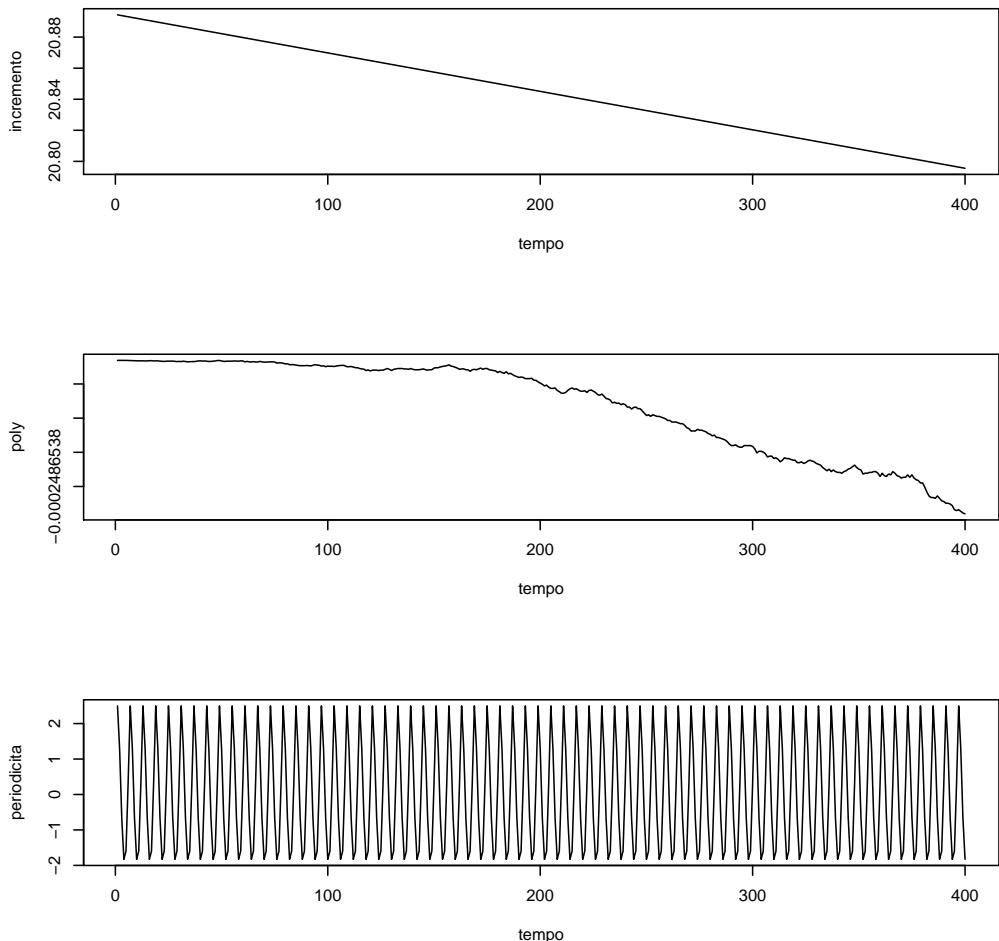


Figura 368: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 2, Vigna 4

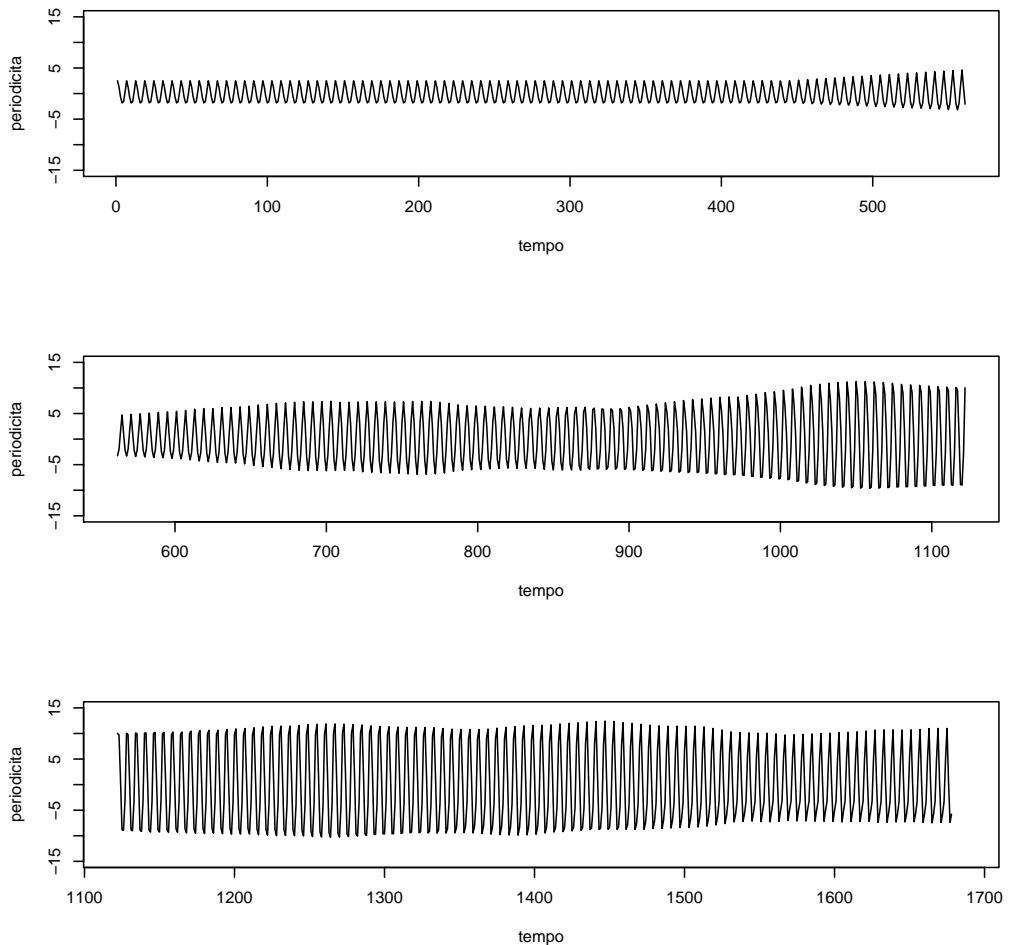


Figura 369: Componente Periodica - Tesi 2, Vigna 4

3.5.3 Slave Vigna 4 - Tesi 3

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

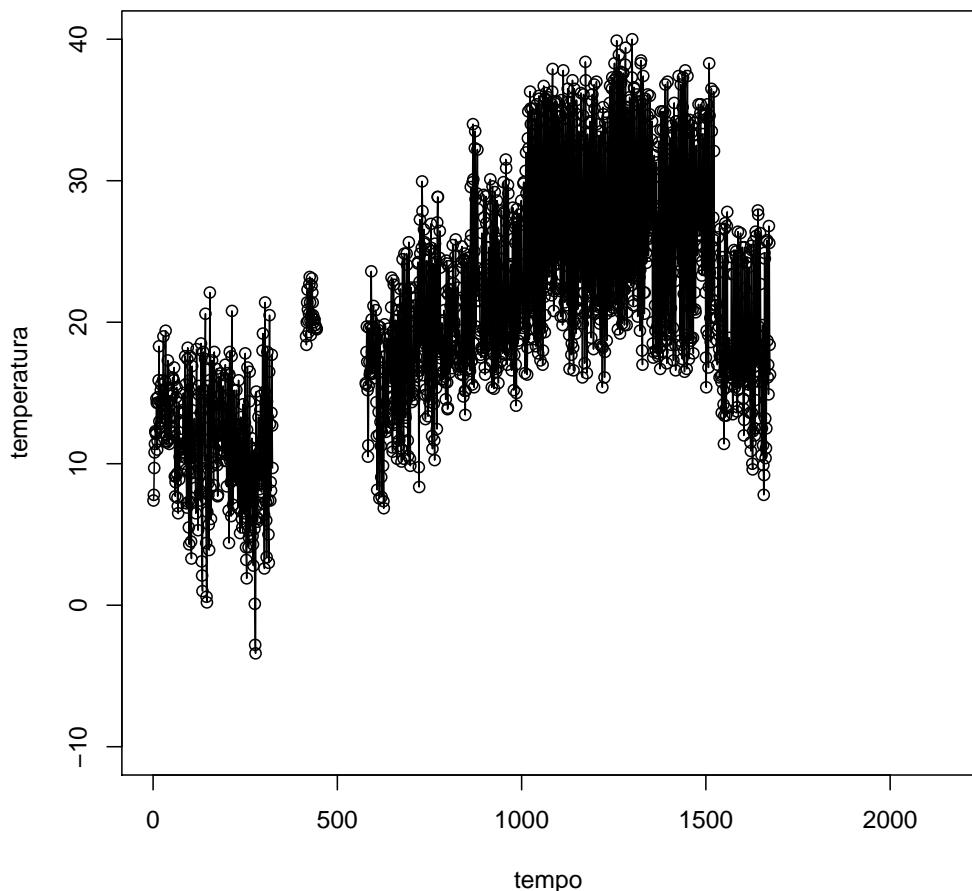


Figura 370: Dati Osservati - Tesi 3, Vigna 4

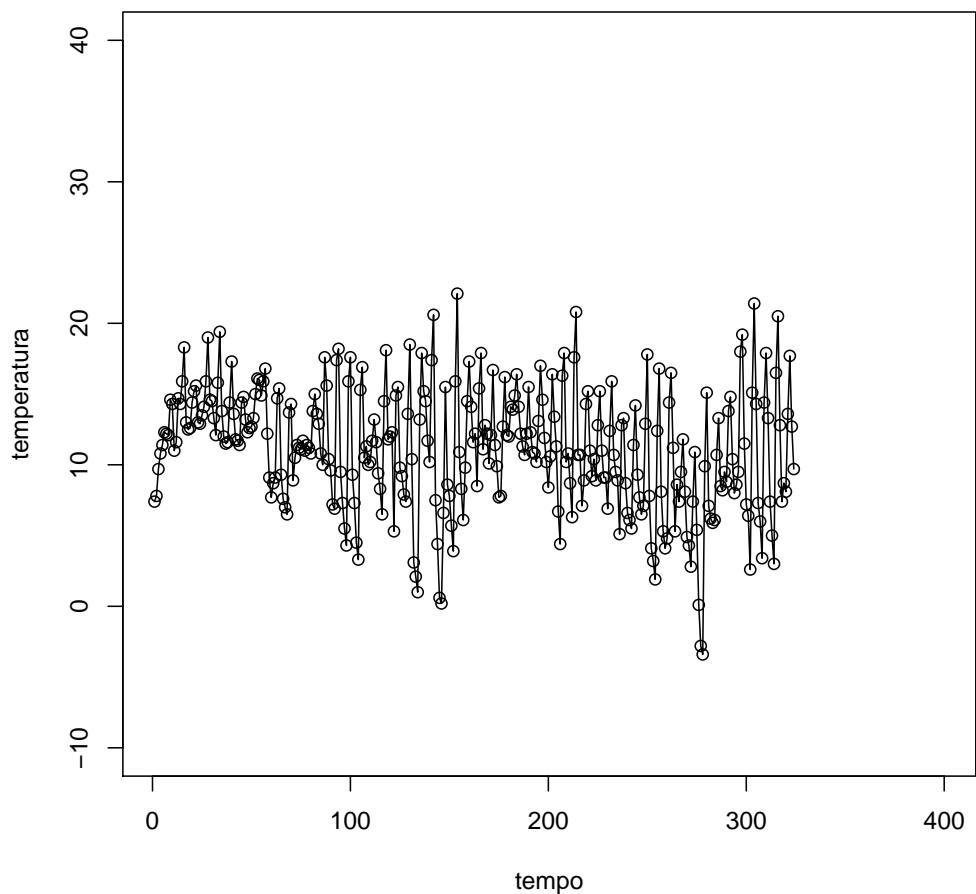


Figura 371: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 4

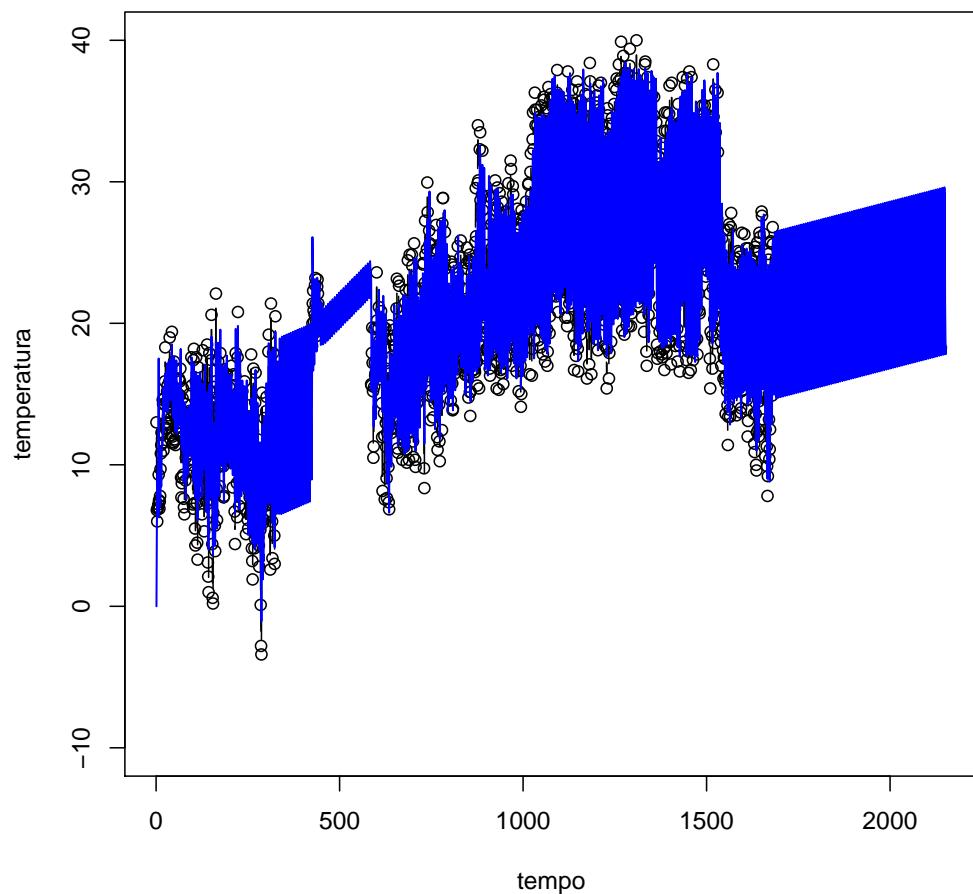


Figura 372: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 3, Vigna 4

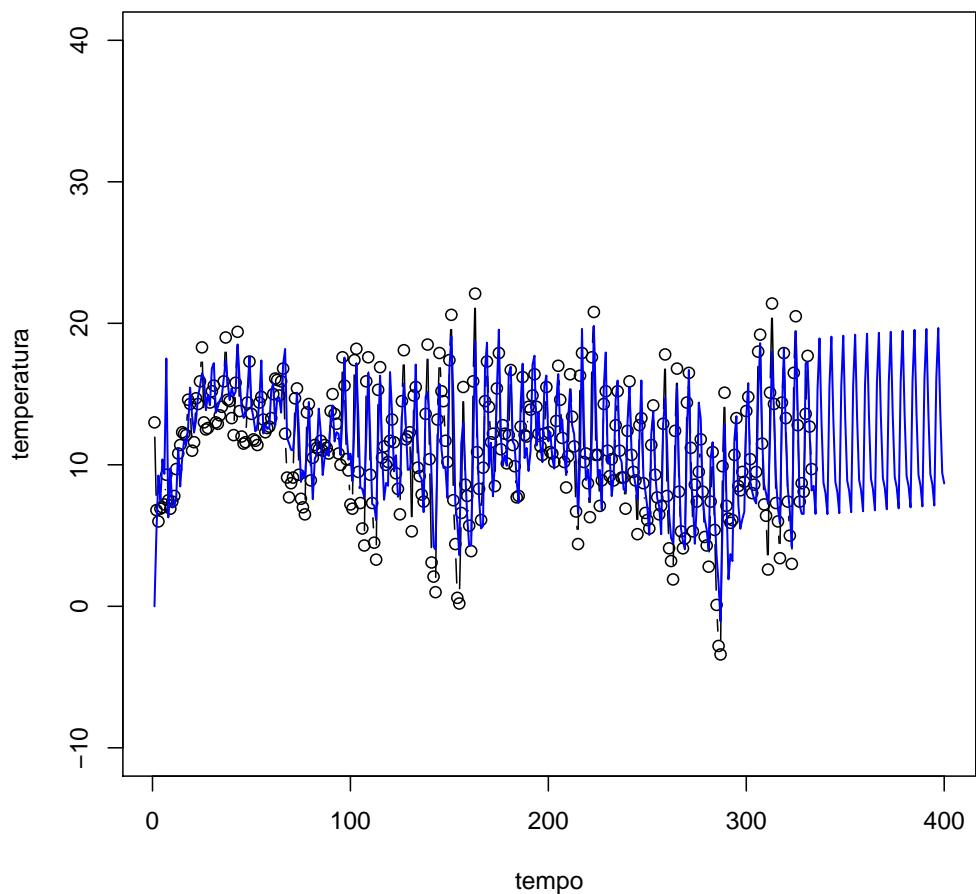


Figura 373: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna
4

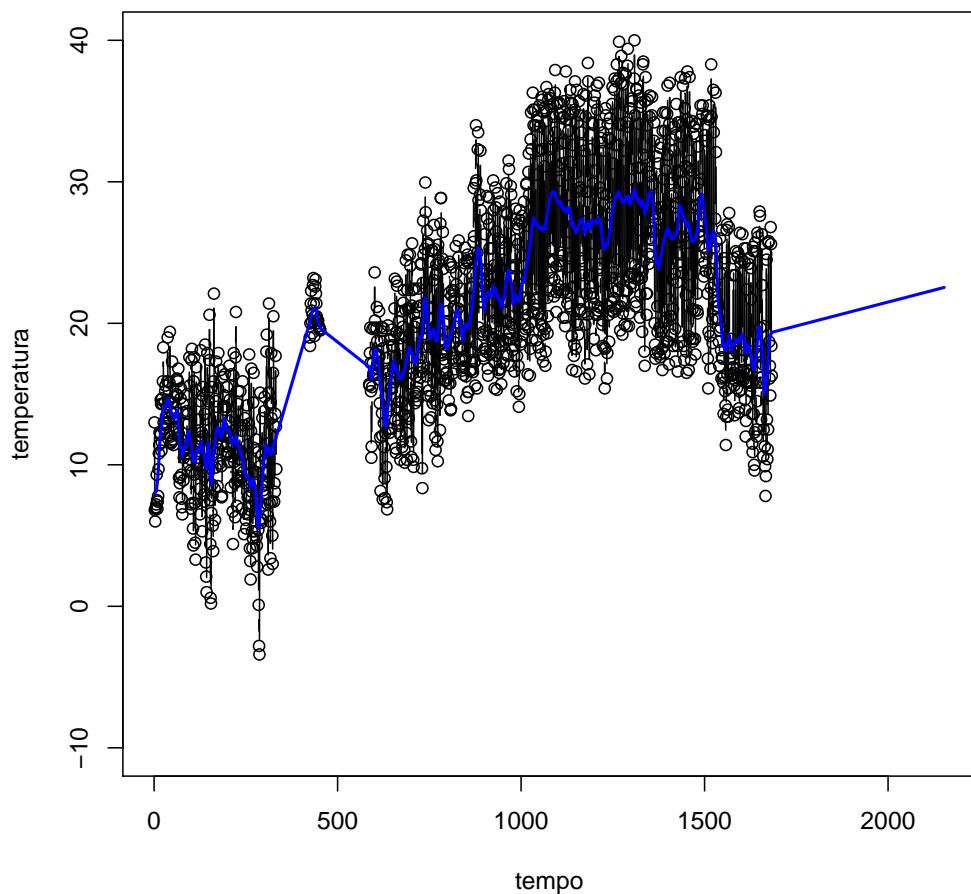


Figura 374: Smoother di Kalman - Tesi 3, Vigna 4

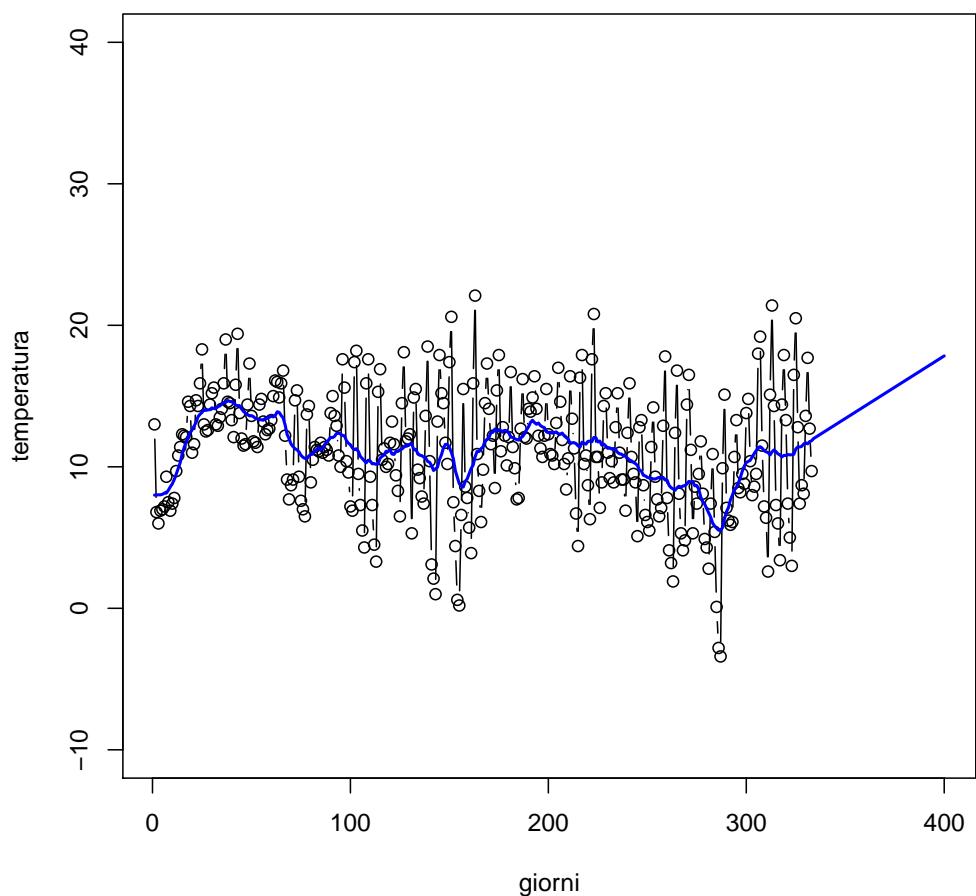


Figura 375: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 4

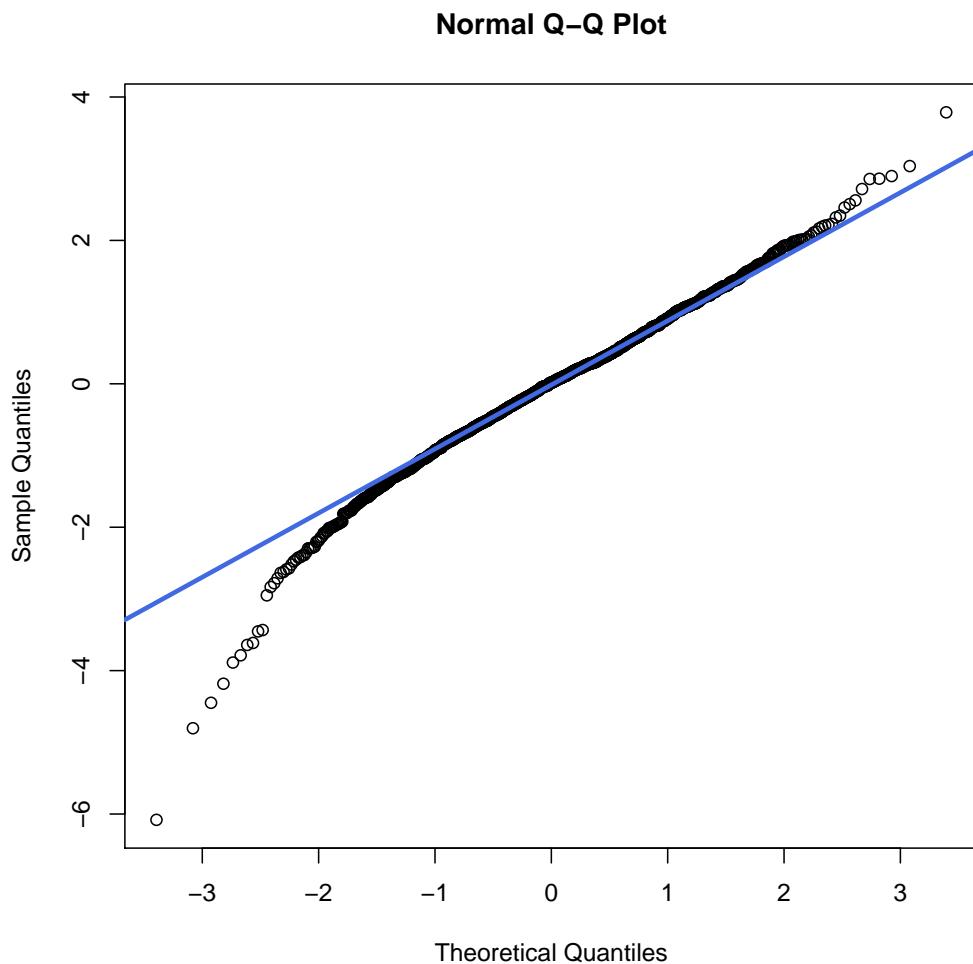


Figura 376: Q-Qplot - Tesi 3, Vigna 4

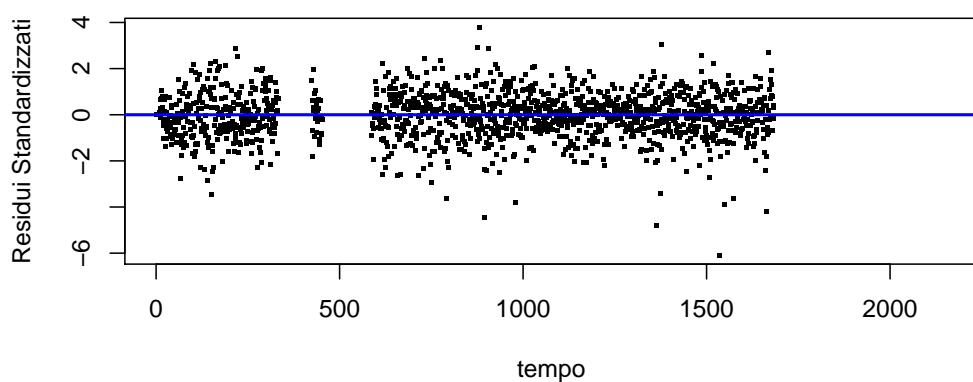
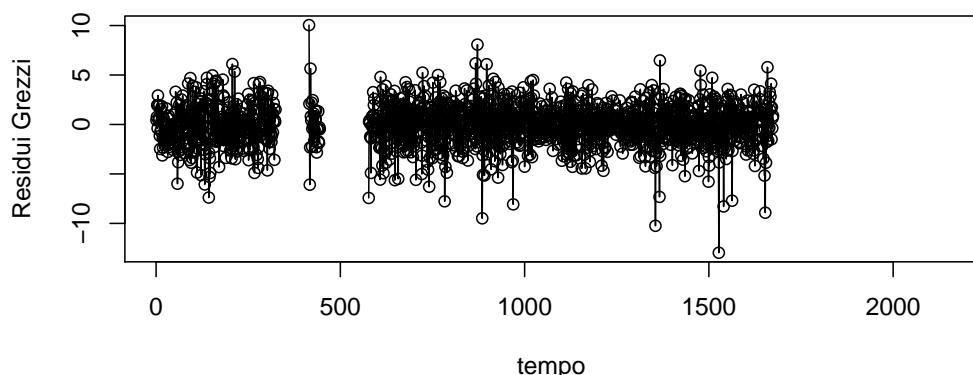


Figura 377: Analisi dei Residui - Tesi 3, Vigna 4

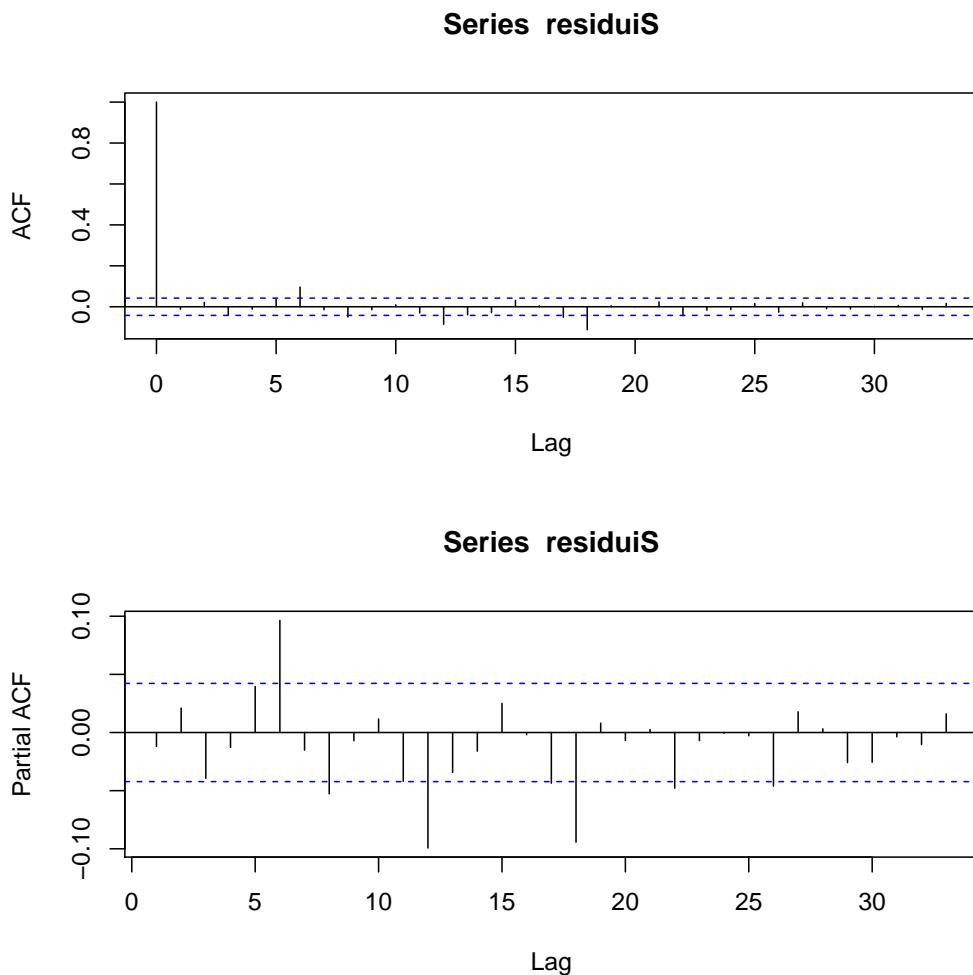


Figura 378: Grafici ACF e PACF - Tesi 3, Vigna 4

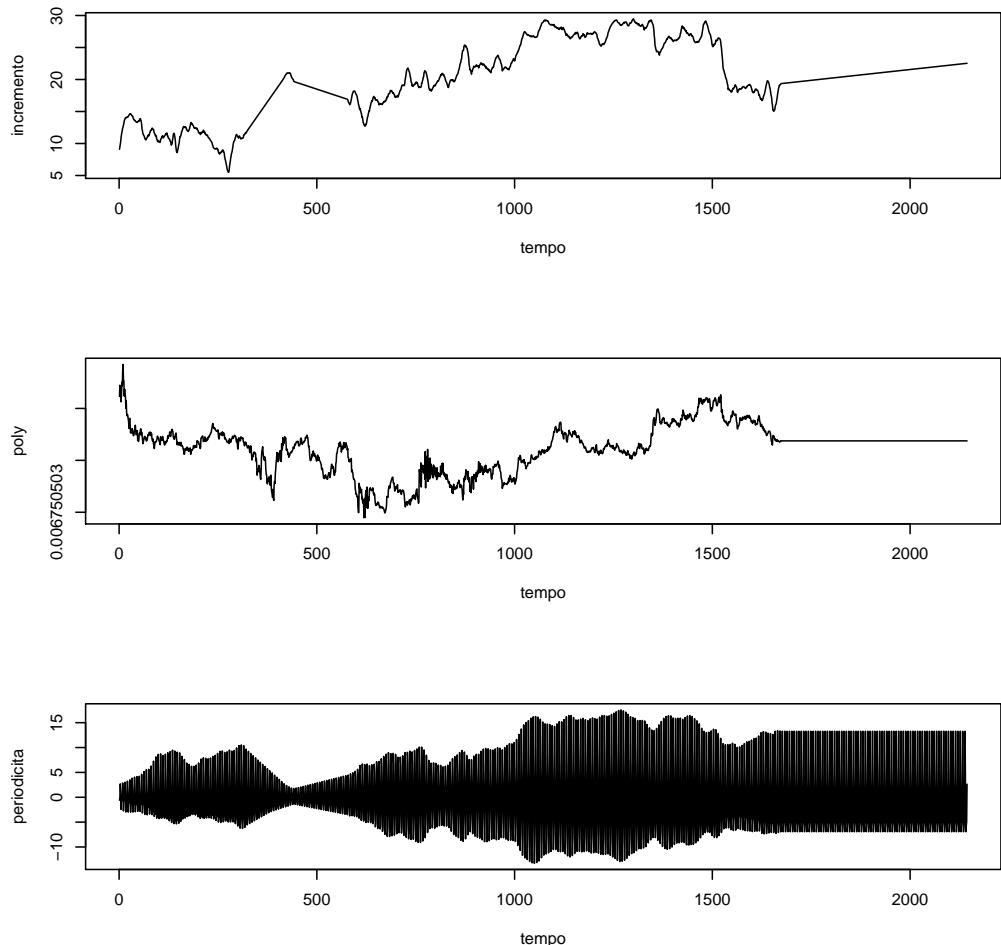


Figura 379: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 3, Vigna 4

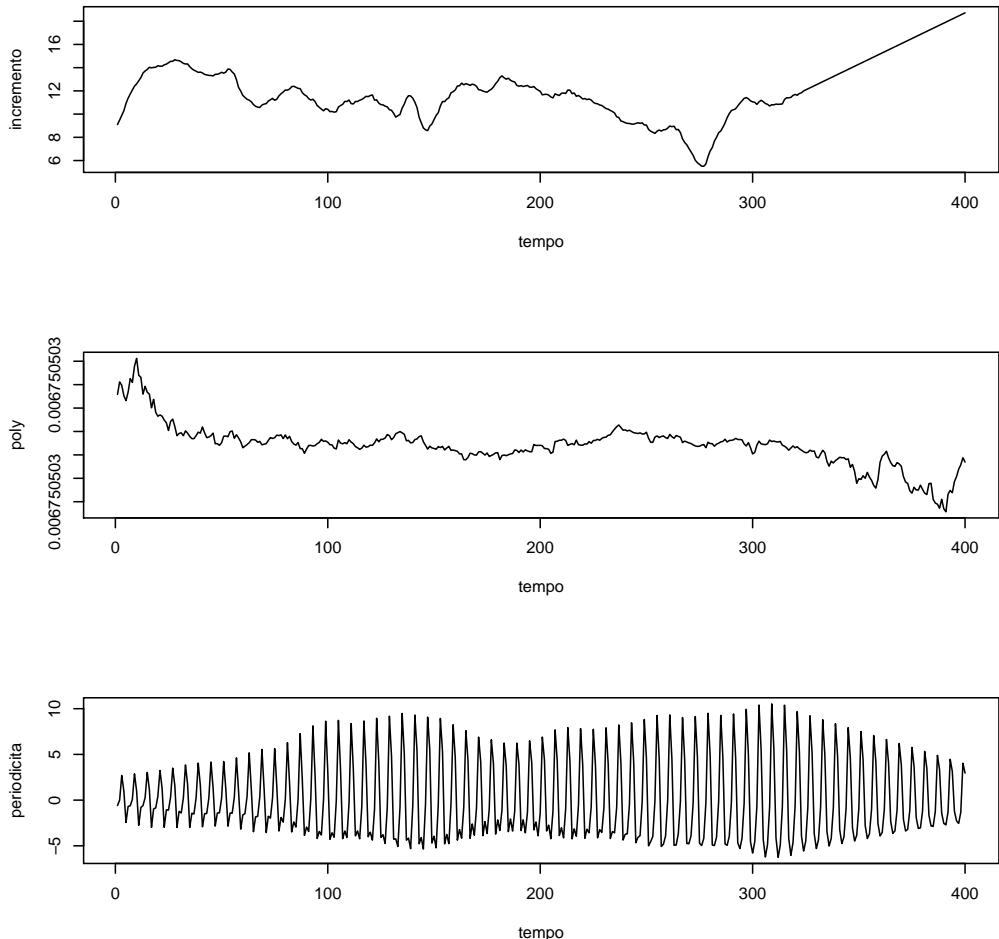


Figura 380: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 3, Vigna 4

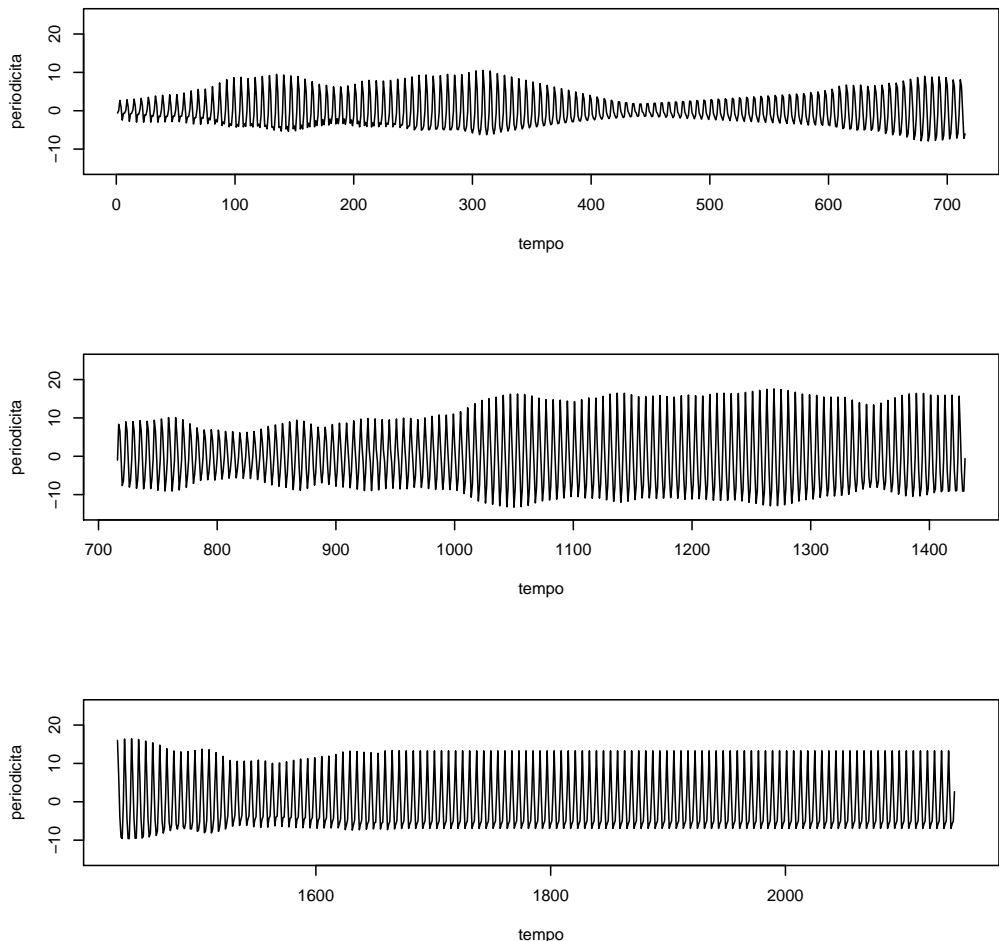


Figura 381: Componente Periodica - Tesi 3, Vigna 4

3.5.4 Slave Vigna 4 - Tesi 4

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 1.

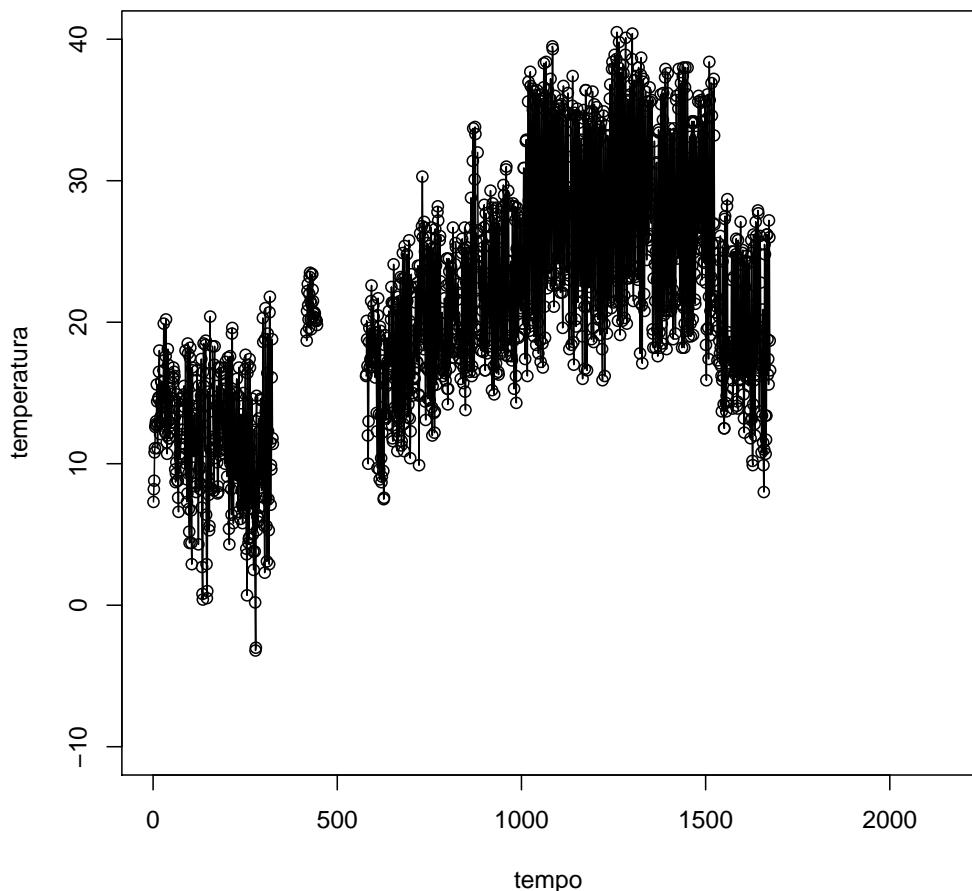


Figura 382: Dati Osservati - Tesi 4, Vigna 4

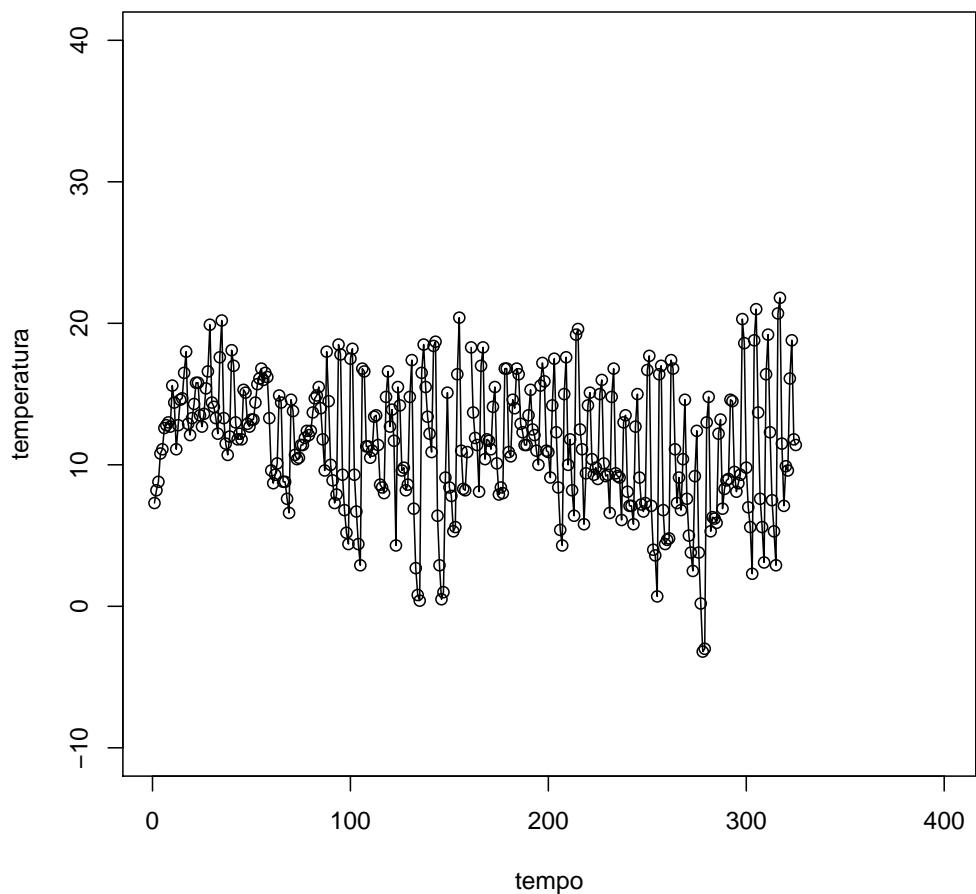


Figura 383: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 4

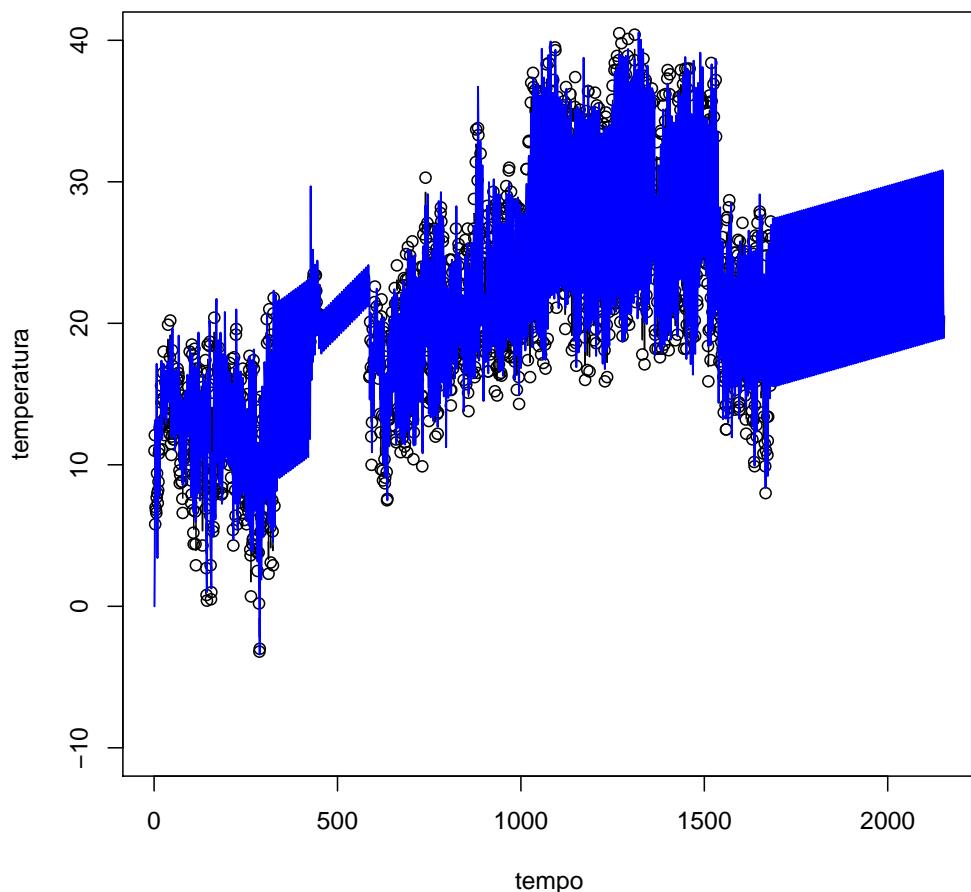


Figura 384: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 4, Vigna 4

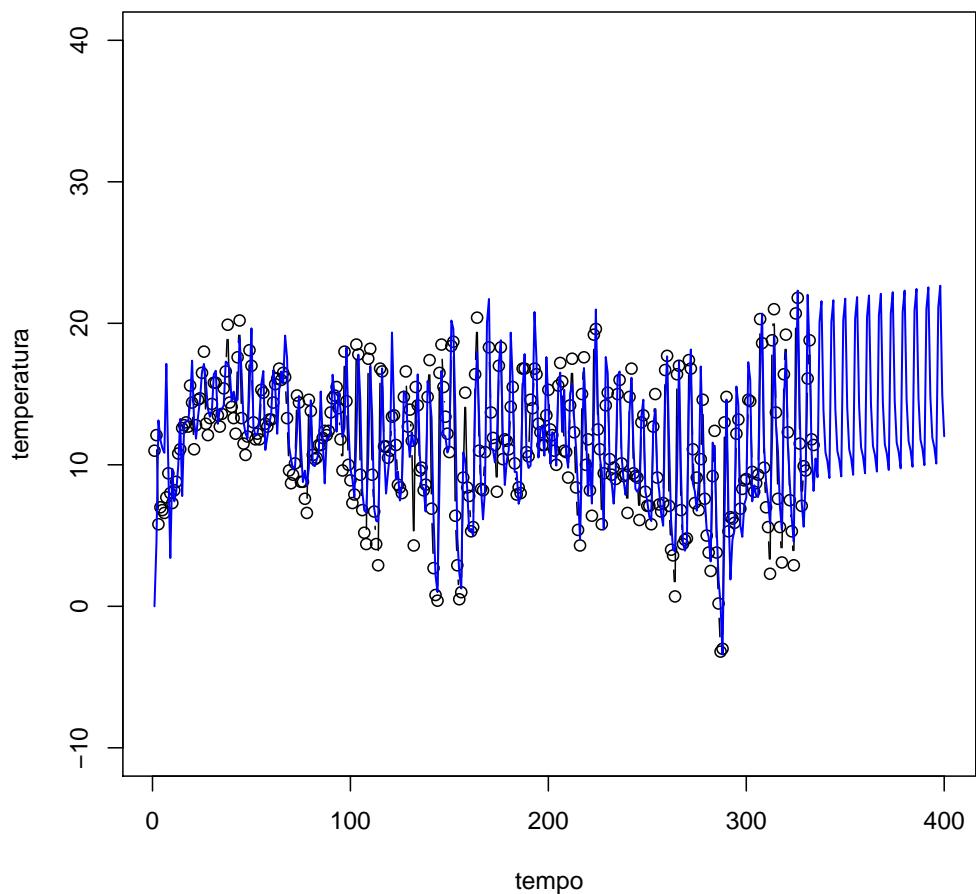


Figura 385: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 4

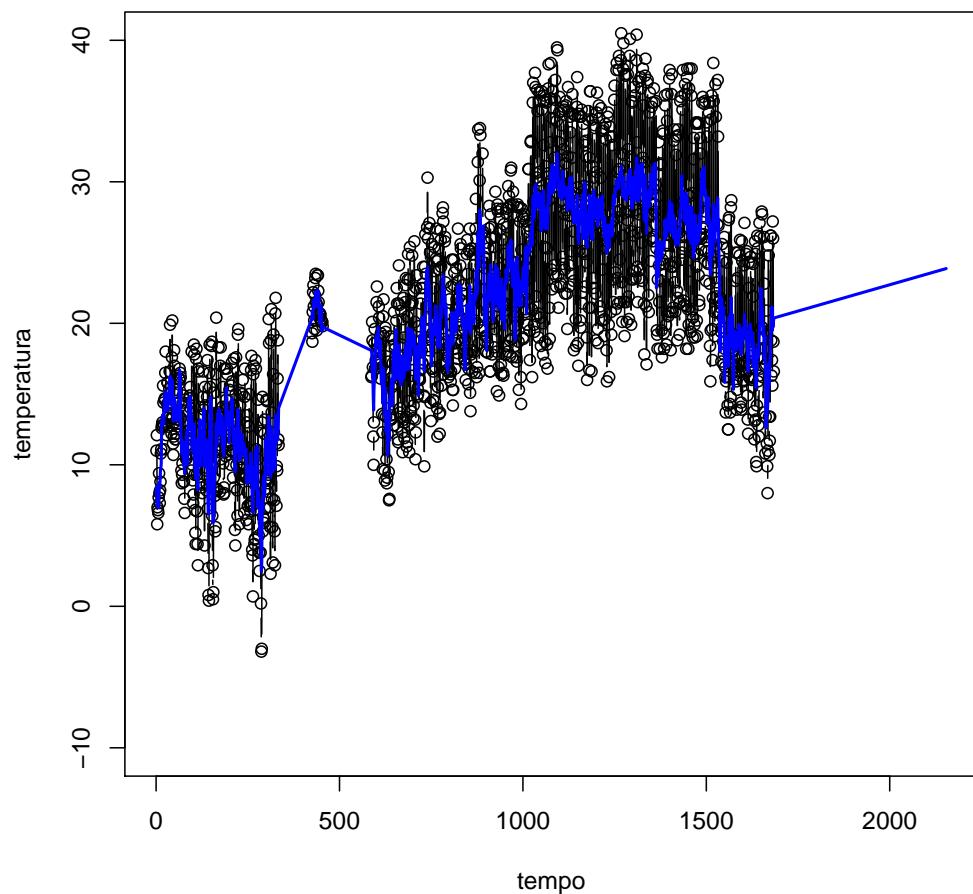


Figura 386: Smoother di Kalman - Tesi 4, Vigna 4

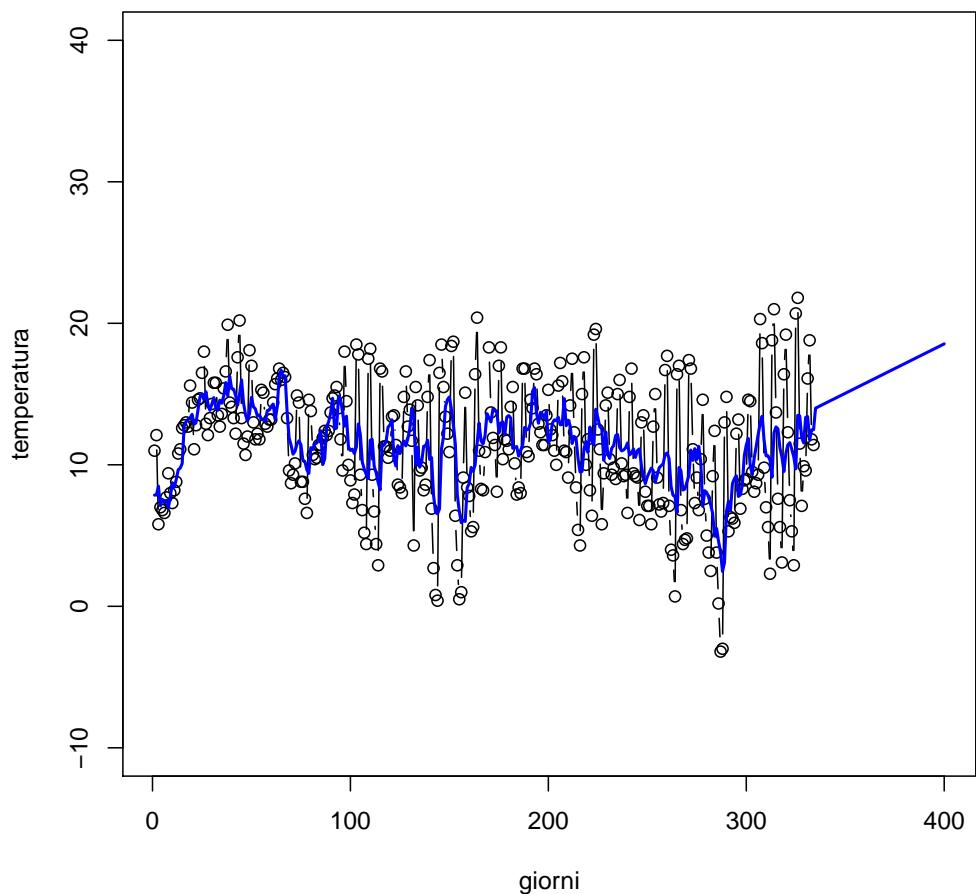


Figura 387: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 4

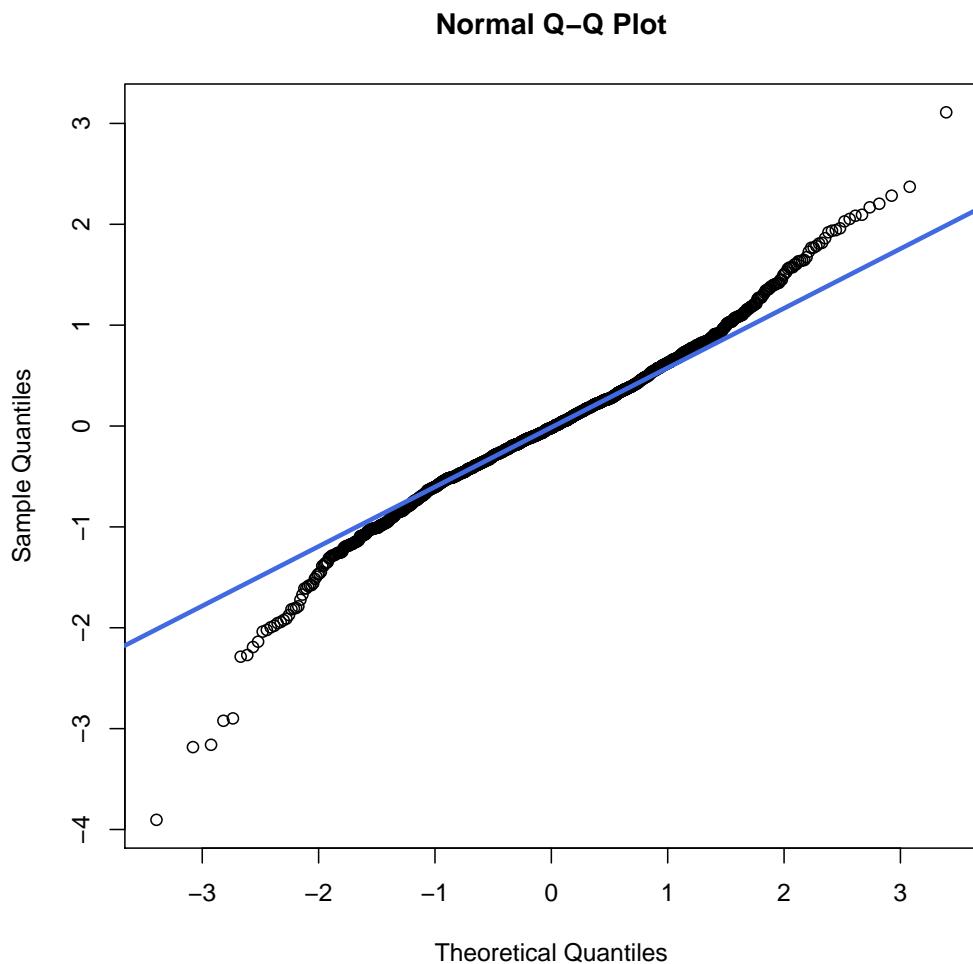


Figura 388: Q-Qplot - Tesi 4, Vigna 4

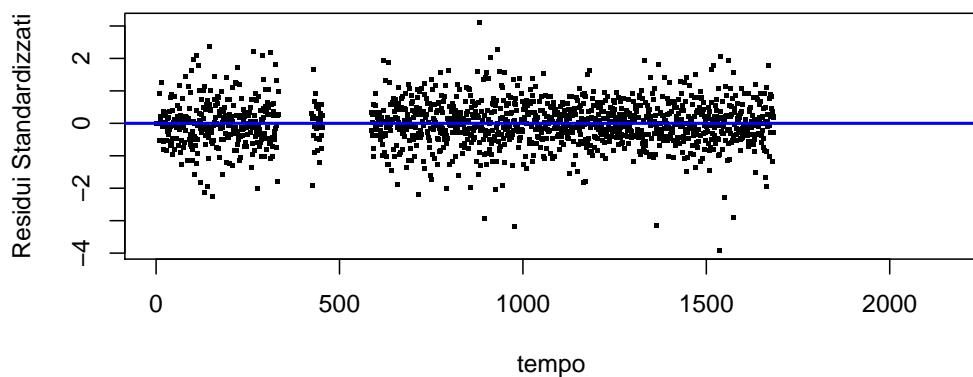
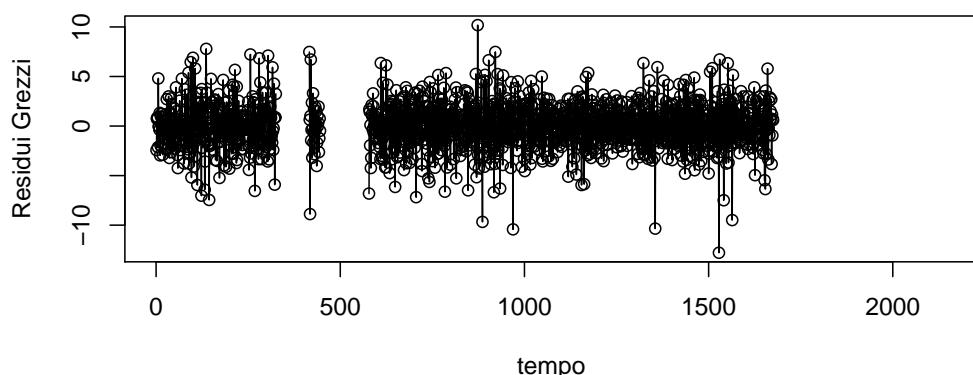


Figura 389: Analisi dei Residui - Tesi 4, Vigna 4

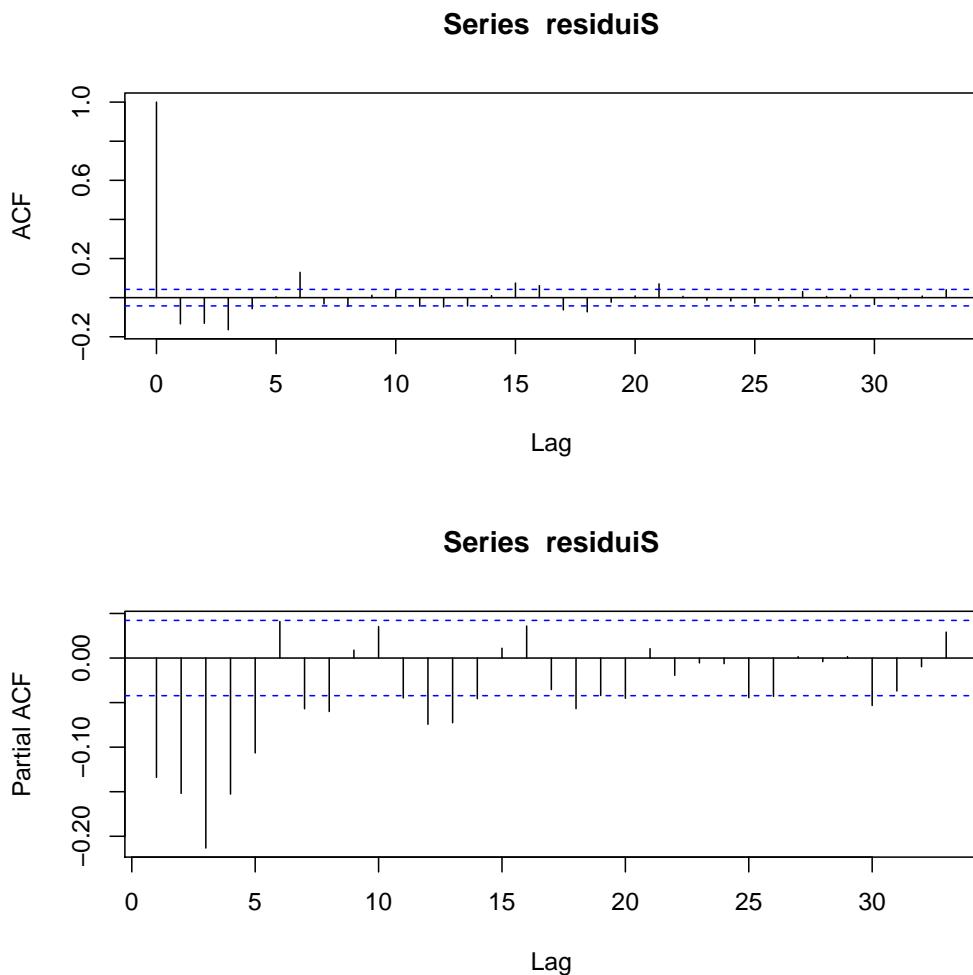


Figura 390: Grafici ACF e PACF - Tesi 4, Vigna 4

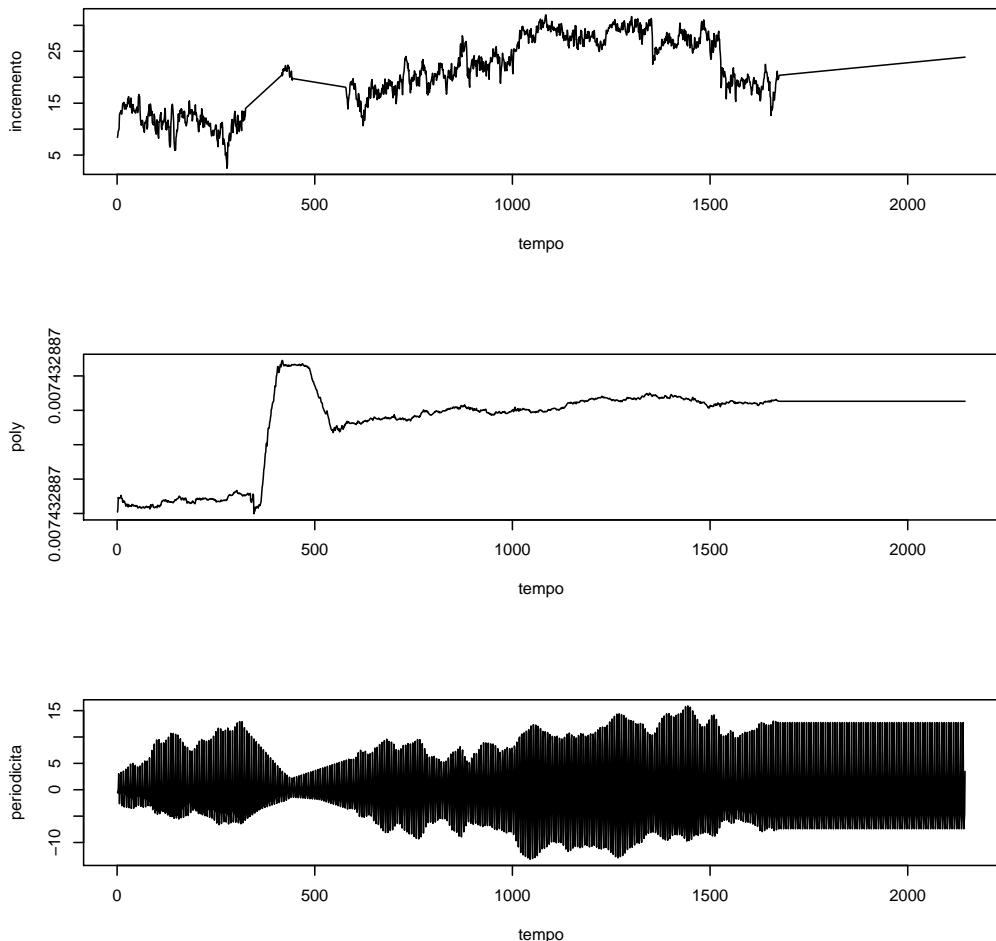


Figura 391: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 4, Vigna 4

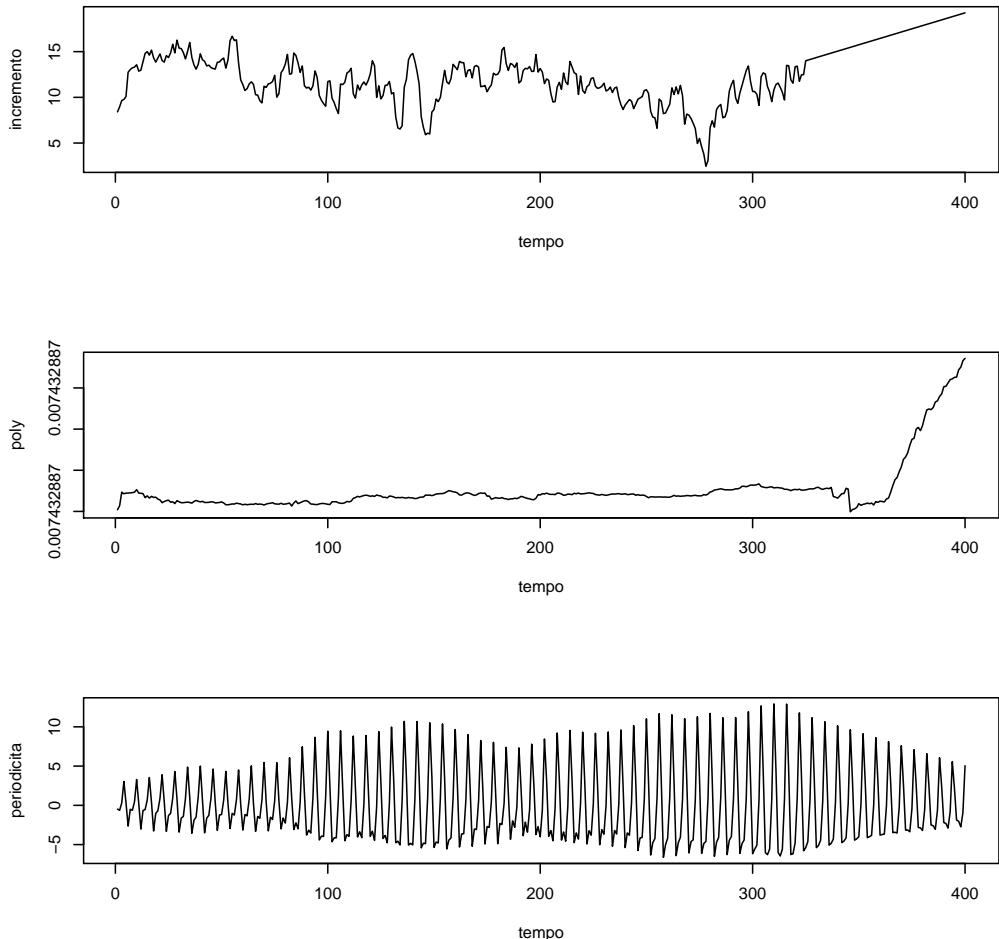


Figura 392: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 4, Vigna 4

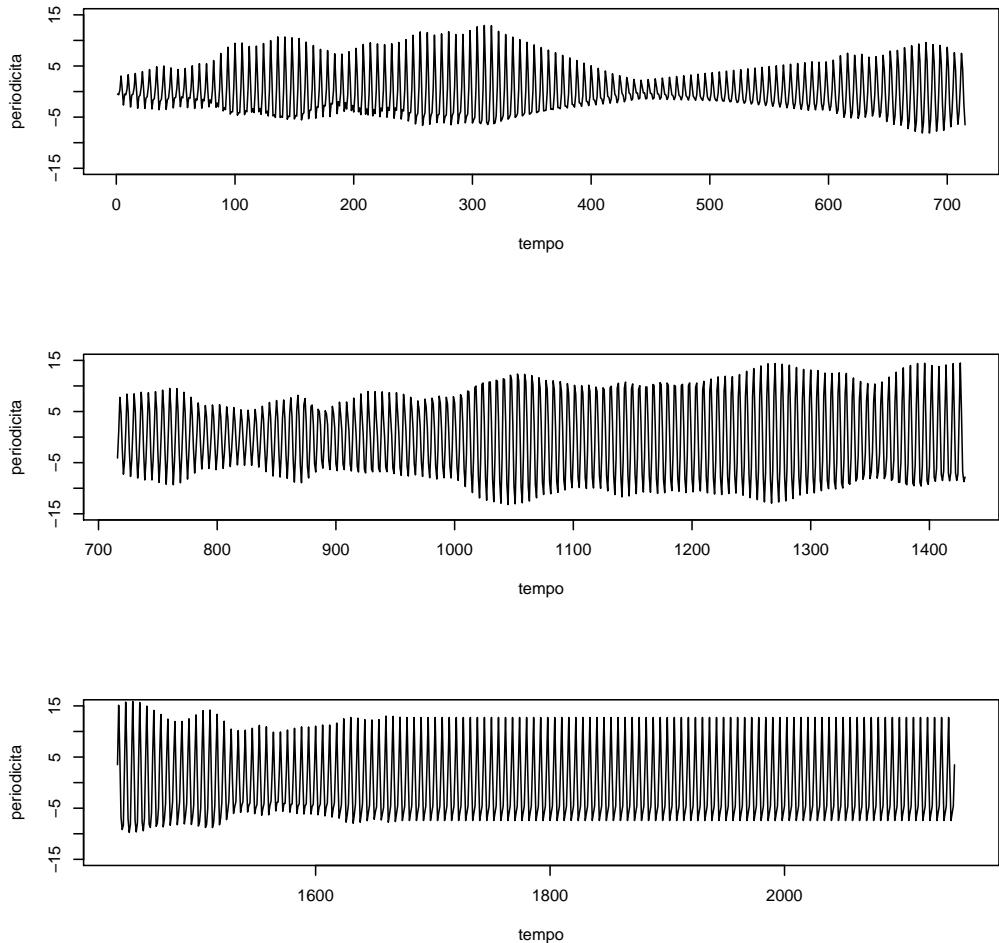


Figura 393: Componente Periodica - Tesi 4, Vigna 4

3.5.5 Slave Vigna 4 - Tesi 5

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 1.

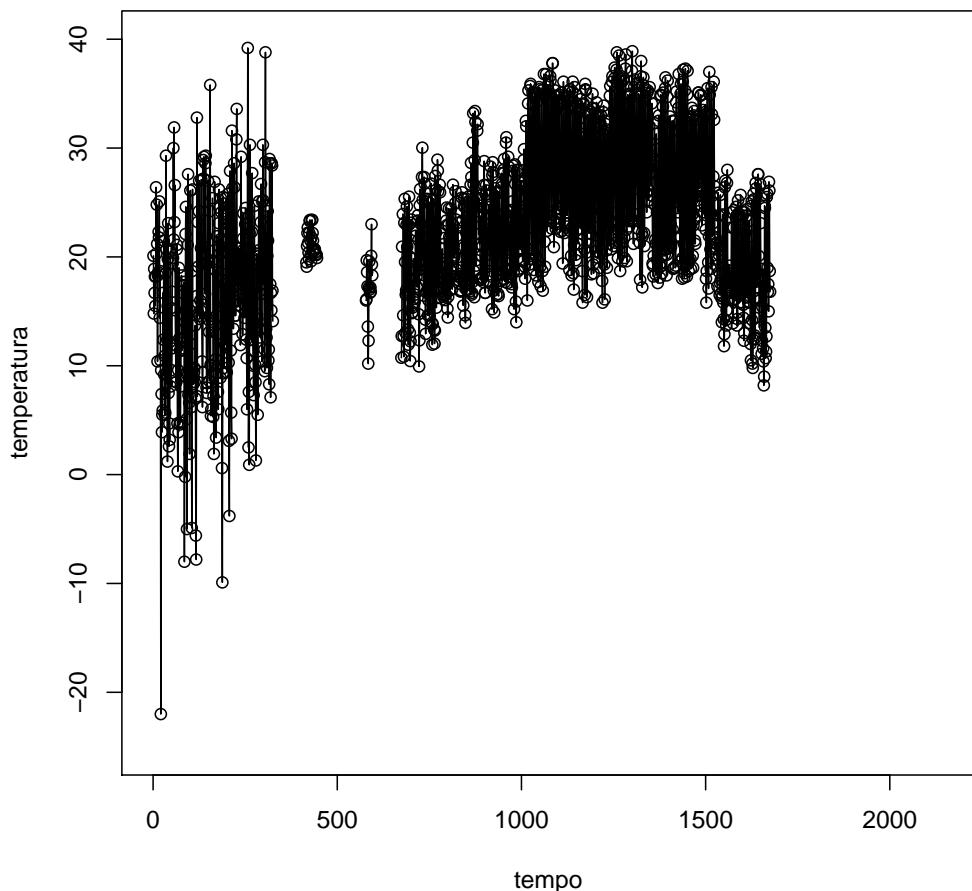


Figura 394: Dati Osservati - Tesi 5, Vigna 4

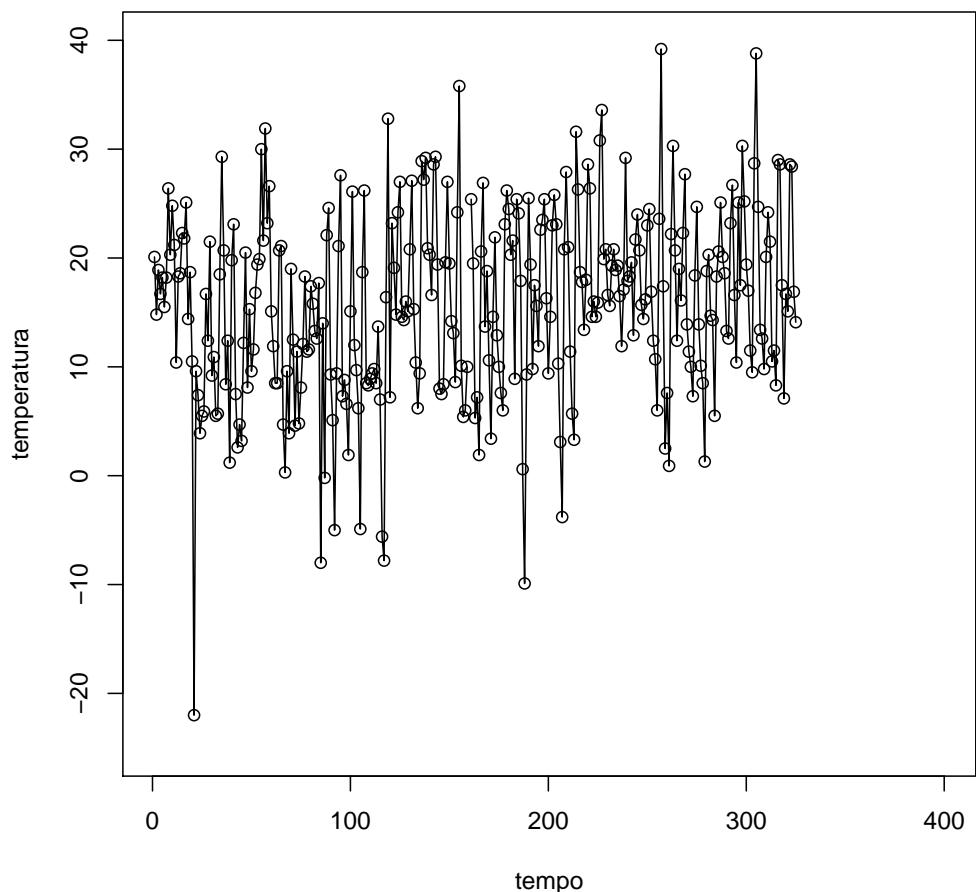


Figura 395: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 4

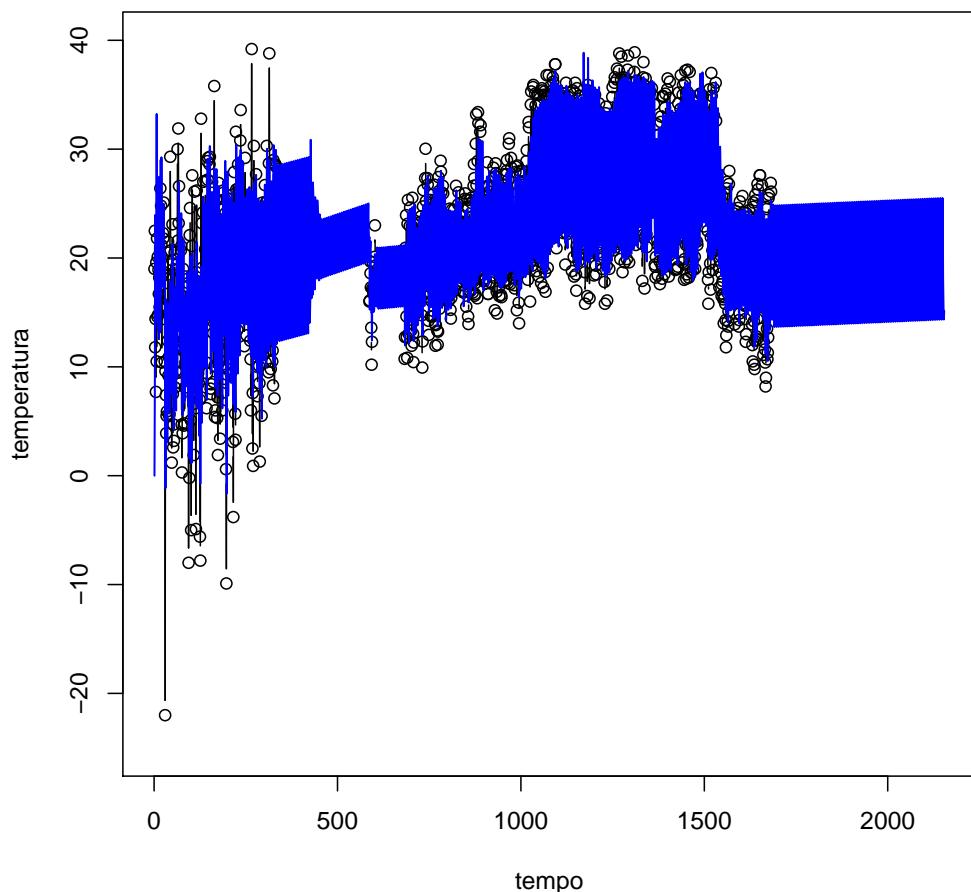


Figura 396: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 5, Vigna 4

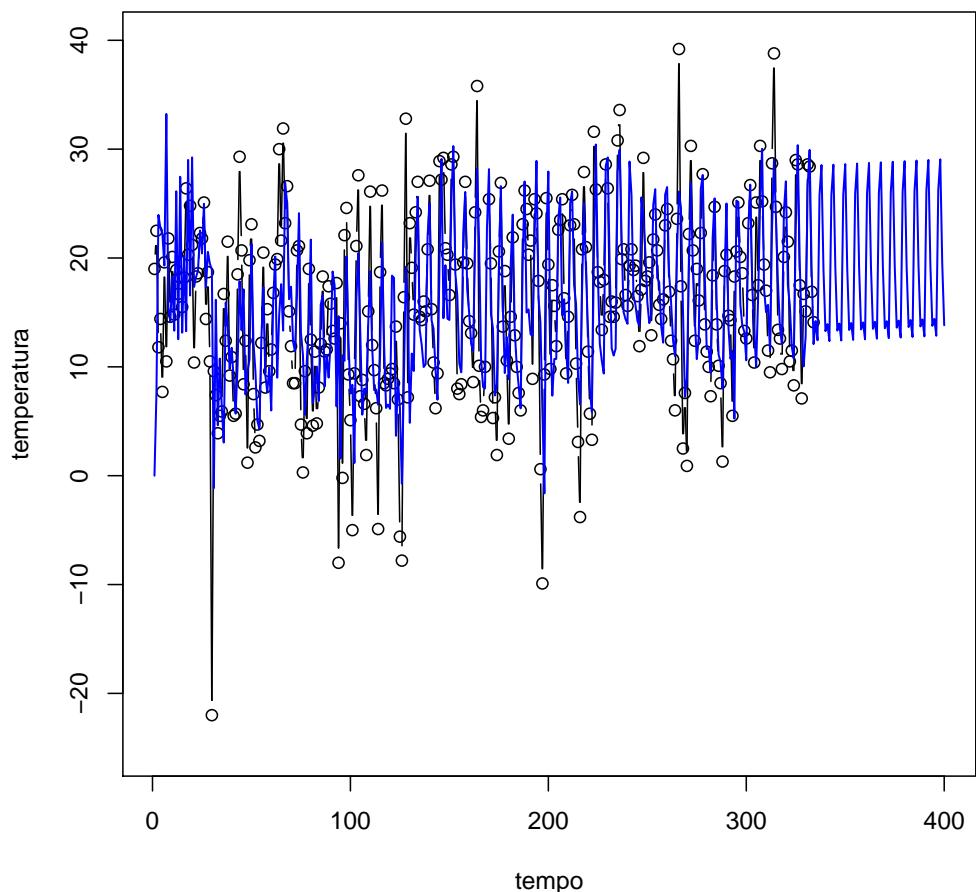


Figura 397: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna
4

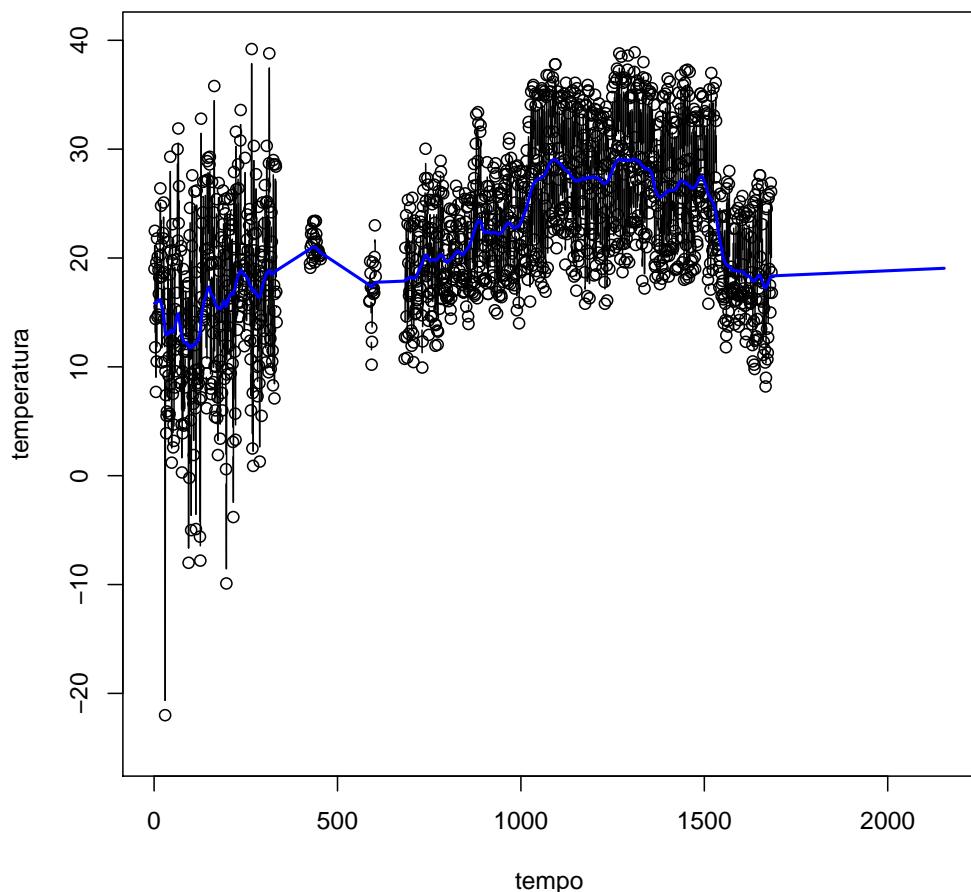


Figura 398: Smoother di Kalman - Tesi 5, Vigna 4

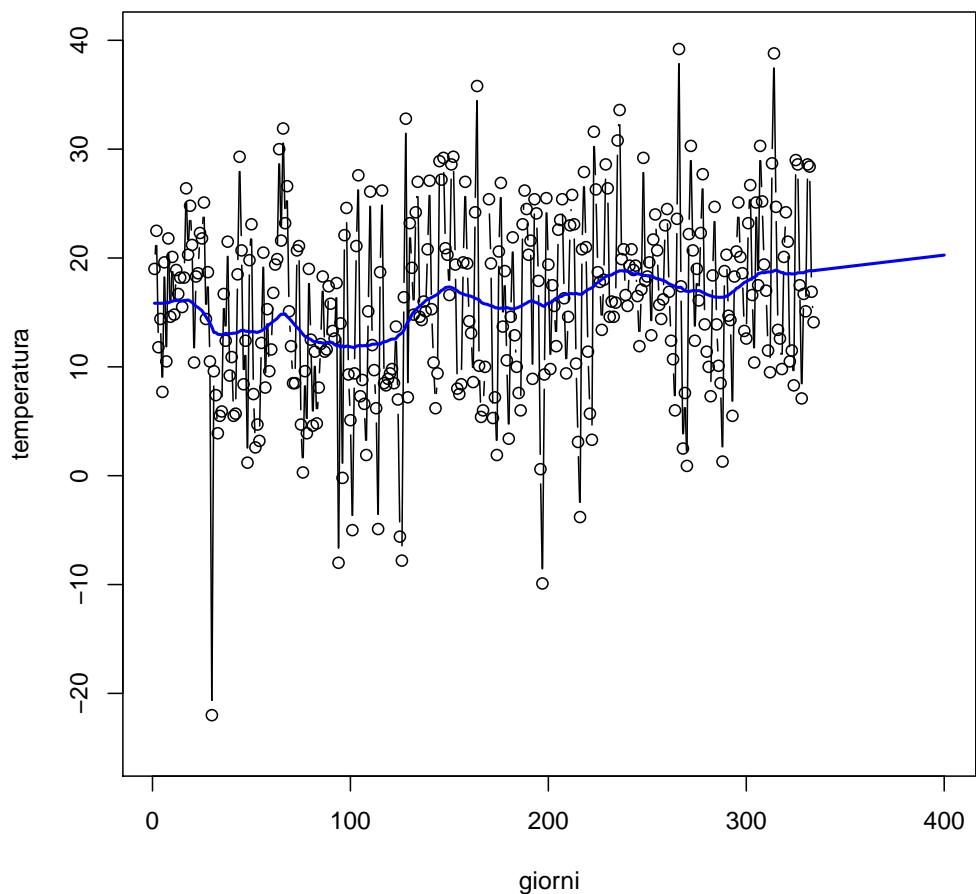


Figura 399: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 4

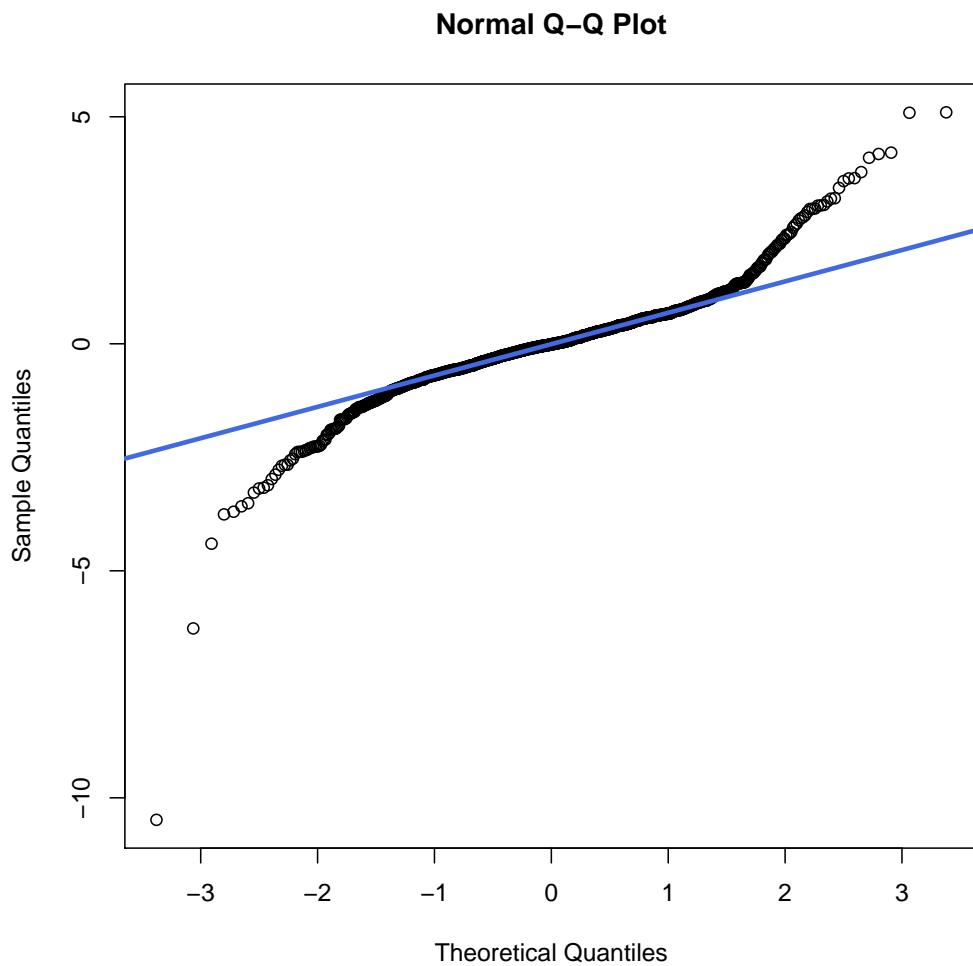


Figura 400: Q-Qplot - Tesi 5, Vigna 4

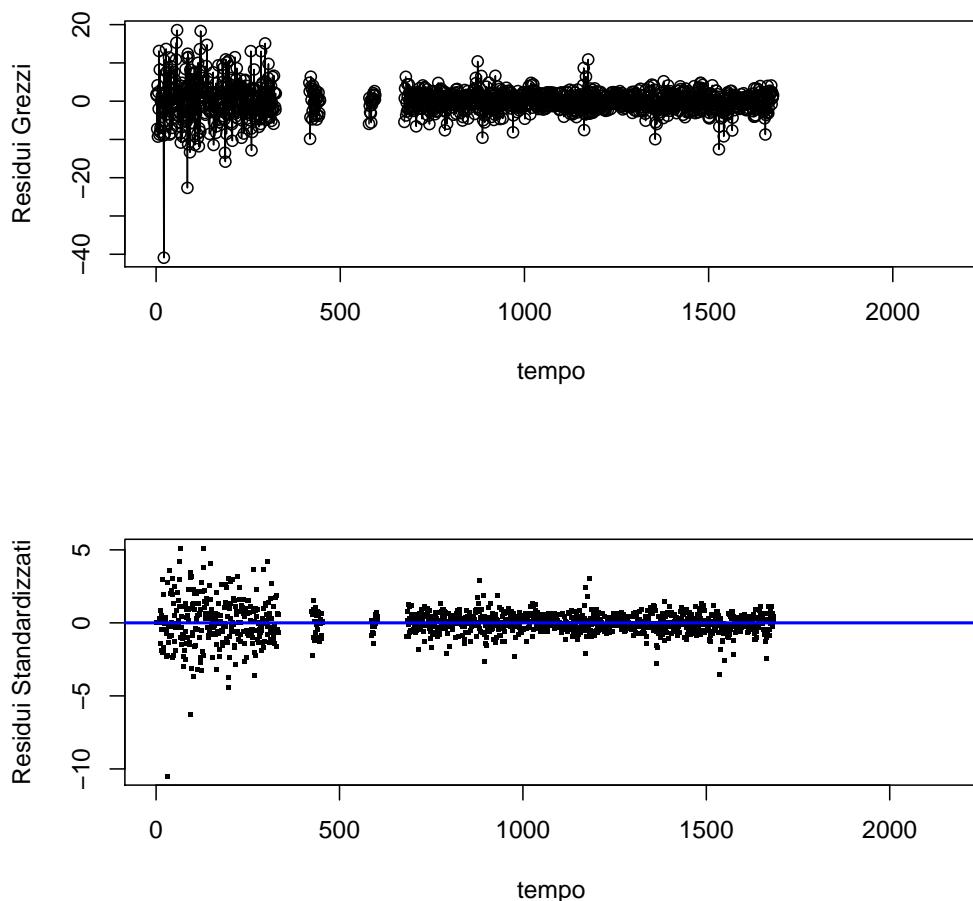


Figura 401: Analisi dei Residui - Tesi 5, Vigna 4

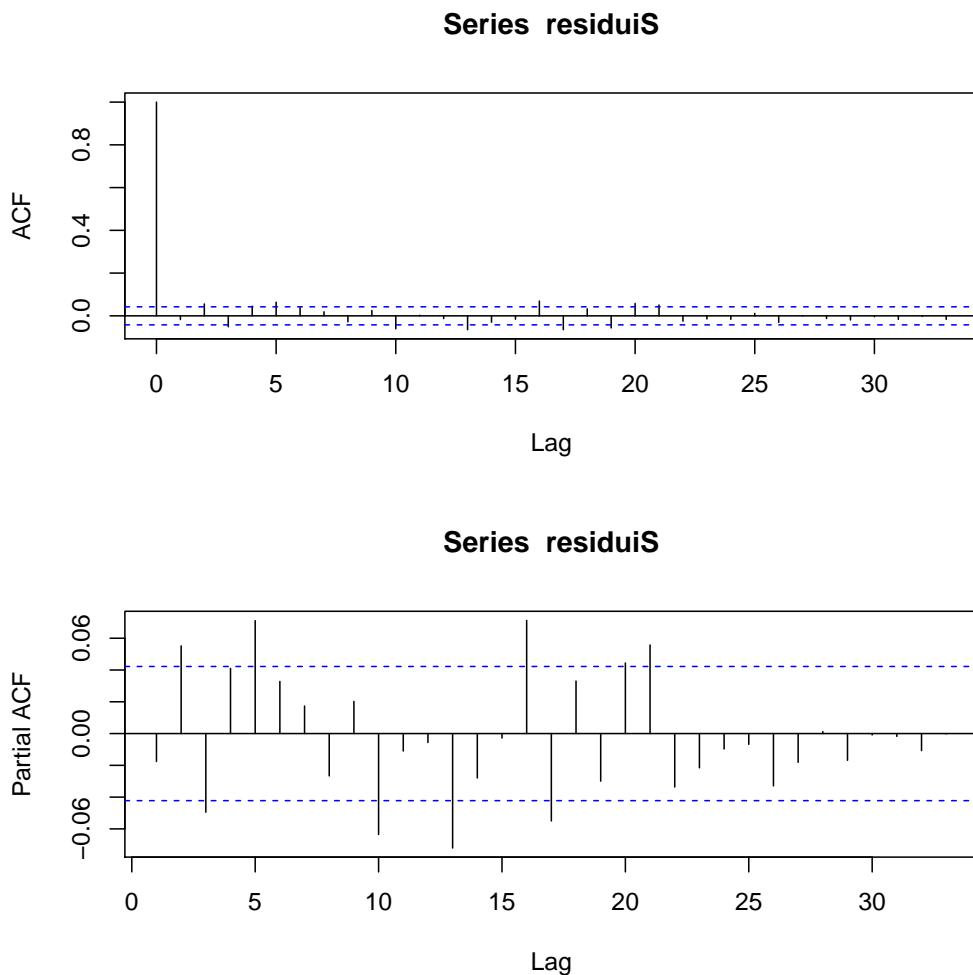


Figura 402: Grafici ACF e PACF - Tesi 5, Vigna 4

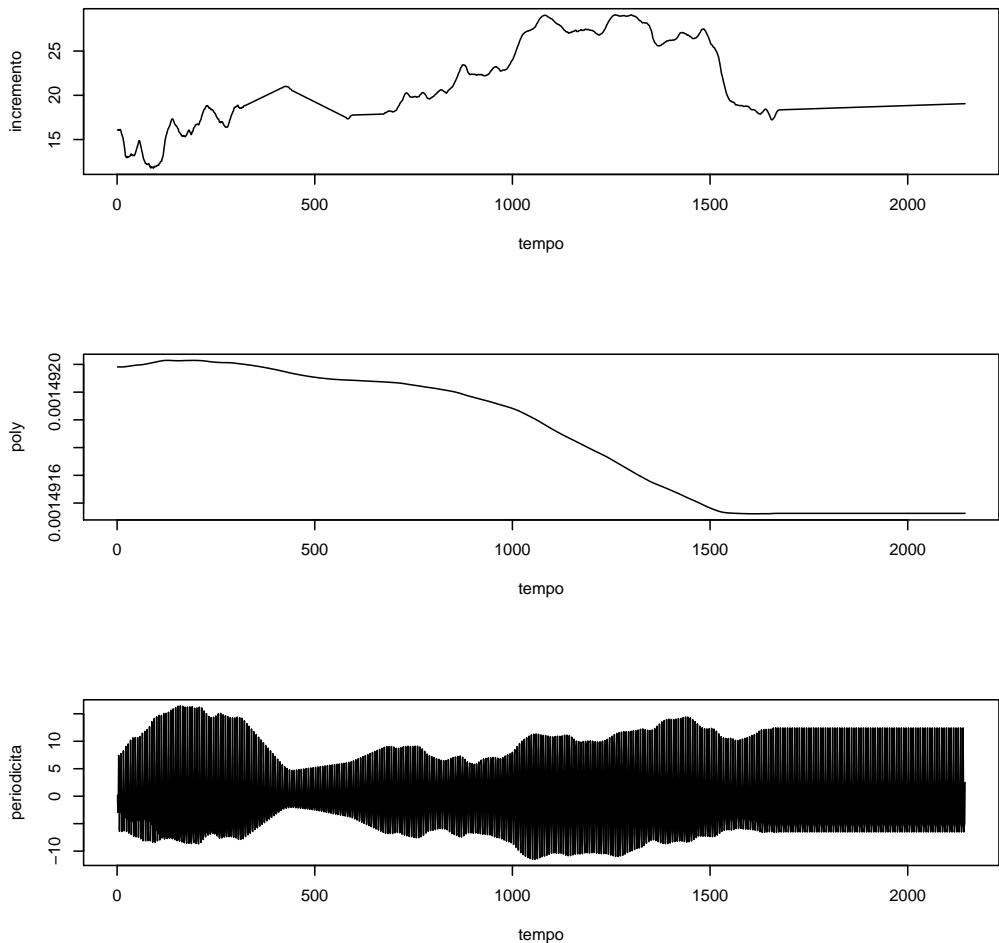


Figura 403: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 5, Vigna 4

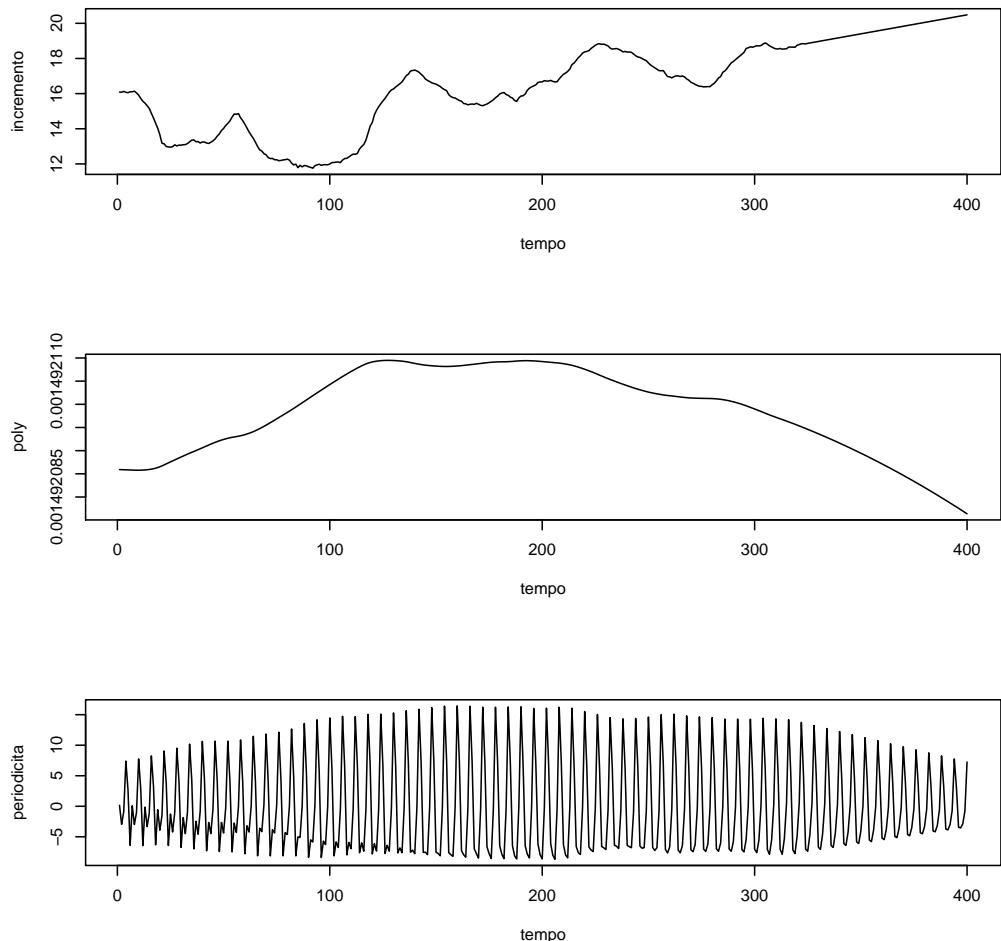


Figura 404: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 5, Vigna 4

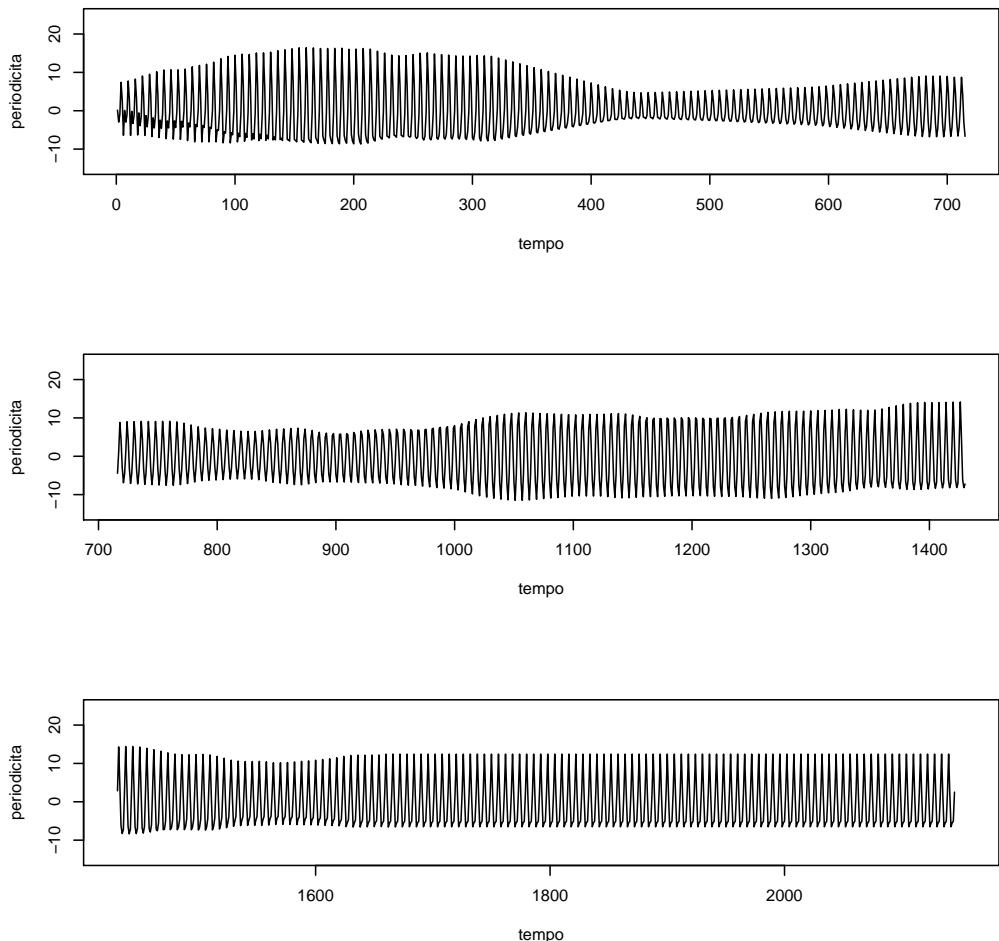


Figura 405: Componente Periodica - Tesi 5, Vigna 4

3.5.6 Slave Vigna 4 - Tesi 6

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 2.

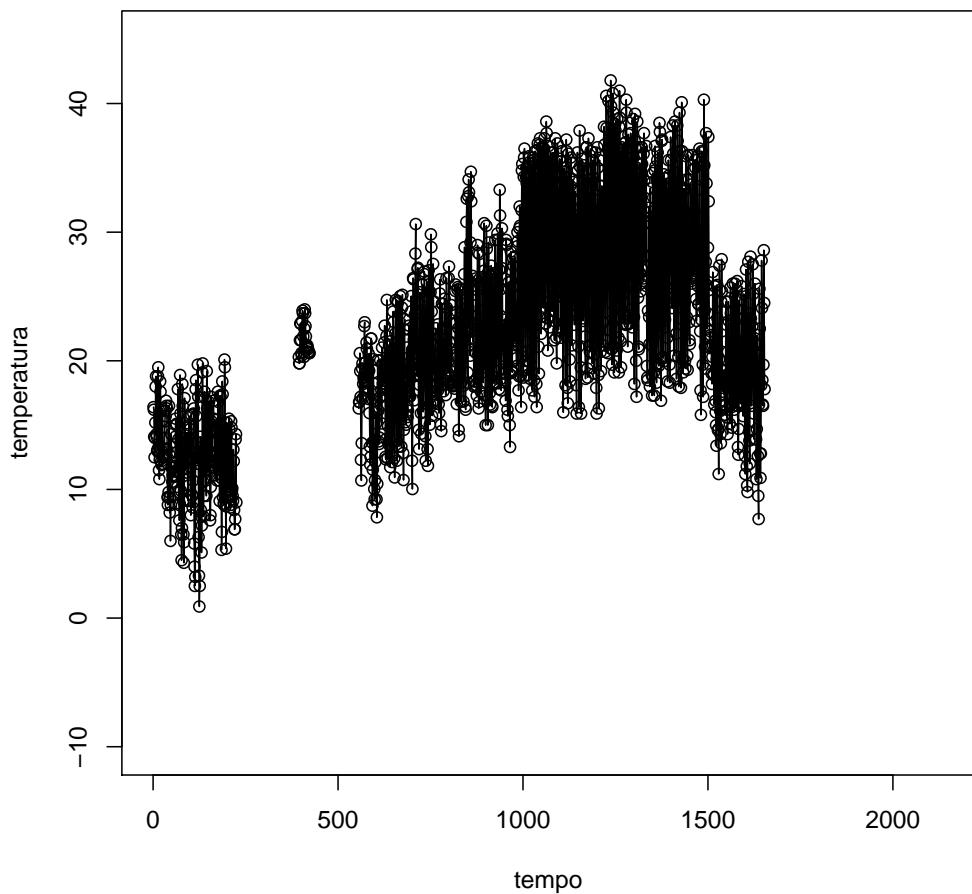


Figura 406: Dati Osservati - Tesi 6, Vigna 4

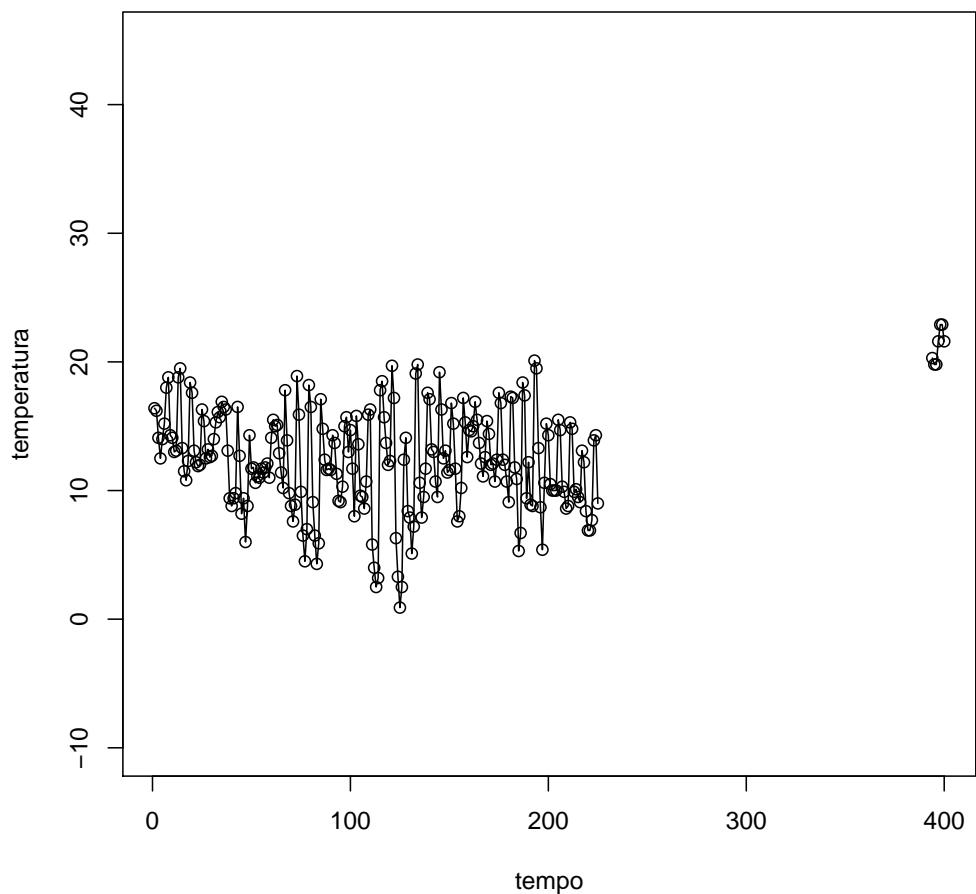


Figura 407: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 4

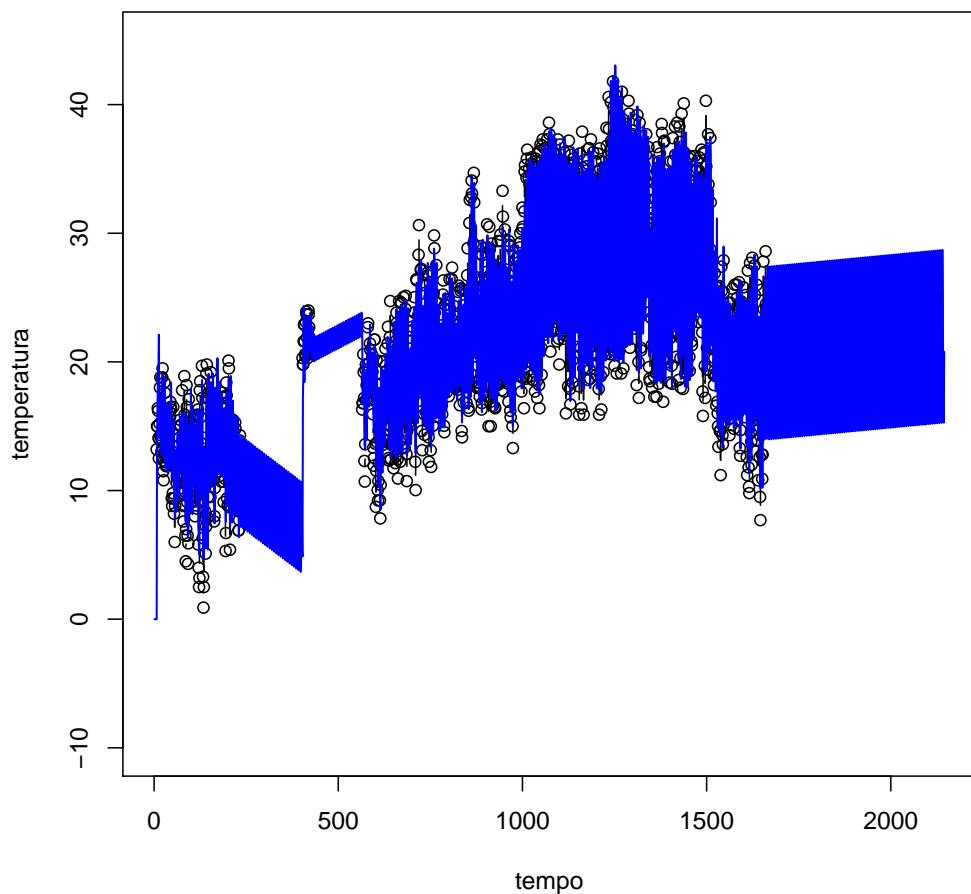


Figura 408: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 6, Vigna 4

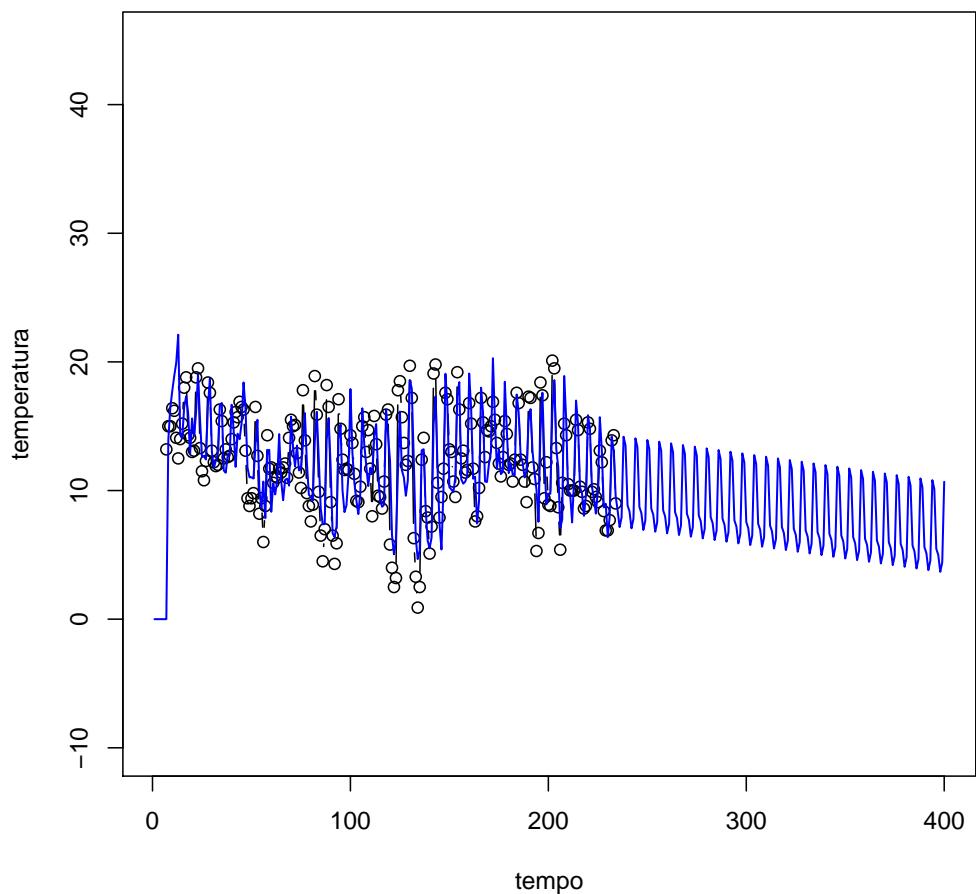


Figura 409: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 4

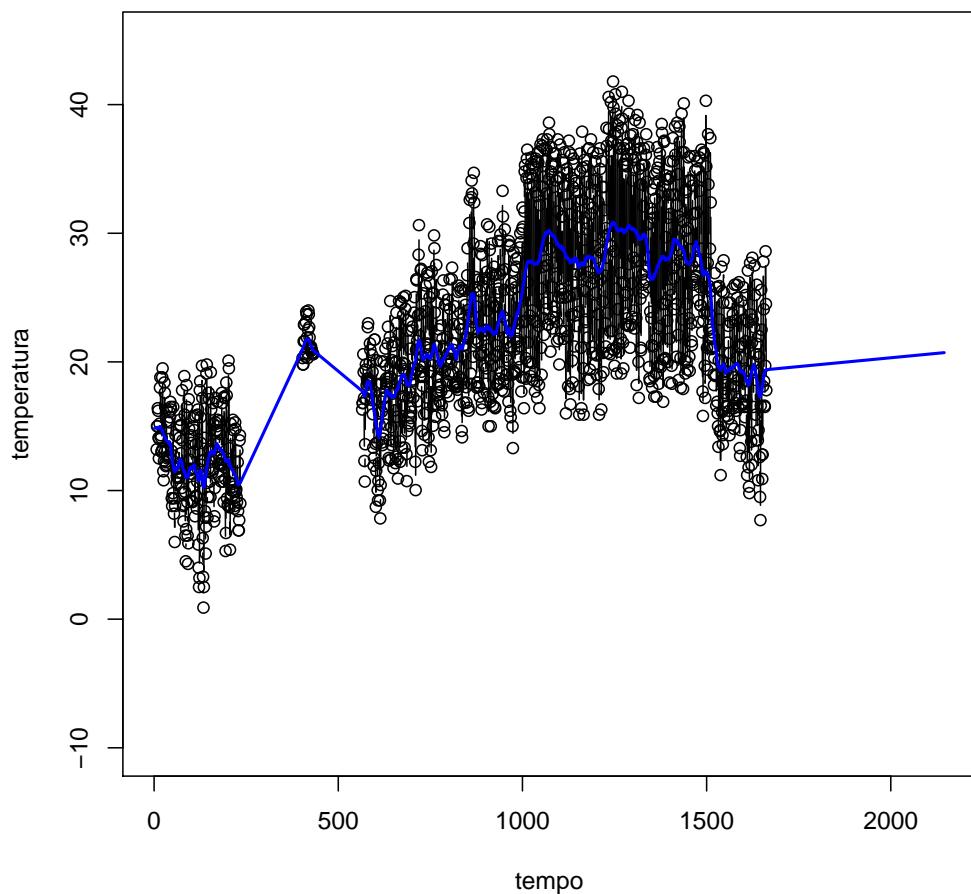


Figura 410: Smoother di Kalman - Tesi 6, Vigna 4

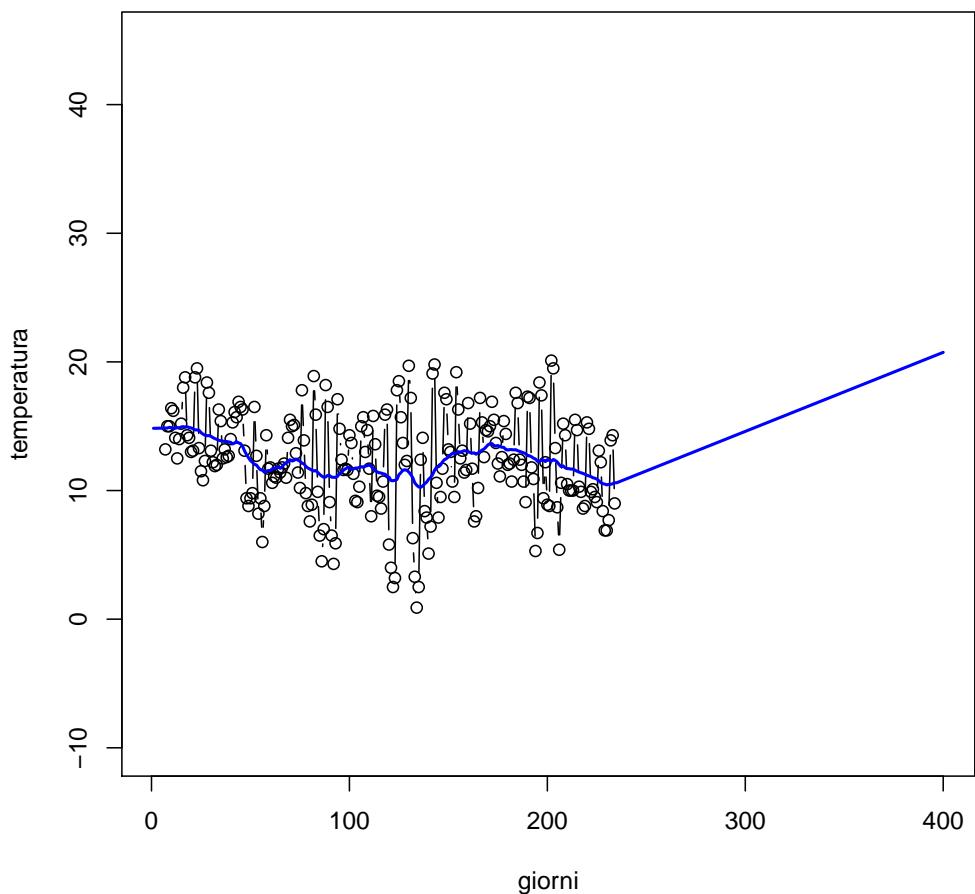


Figura 411: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 4

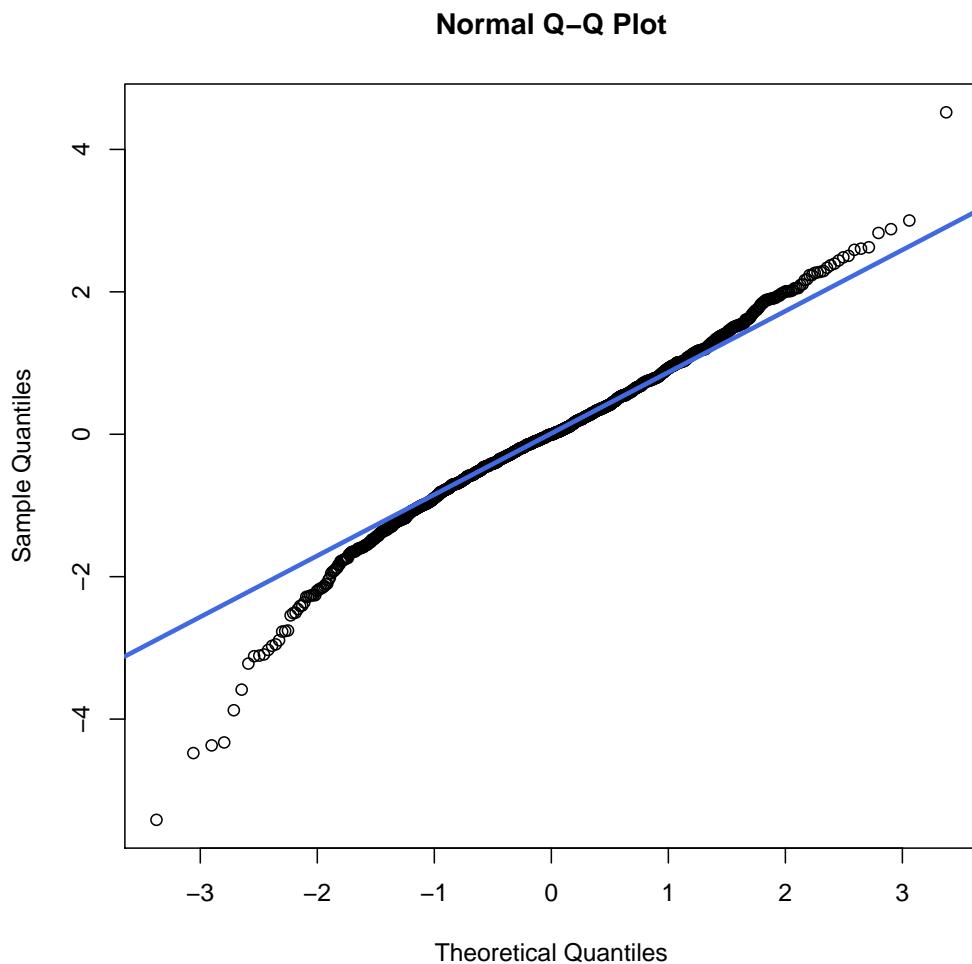


Figura 412: Q-Qplot - Tesi 6, Vigna 4

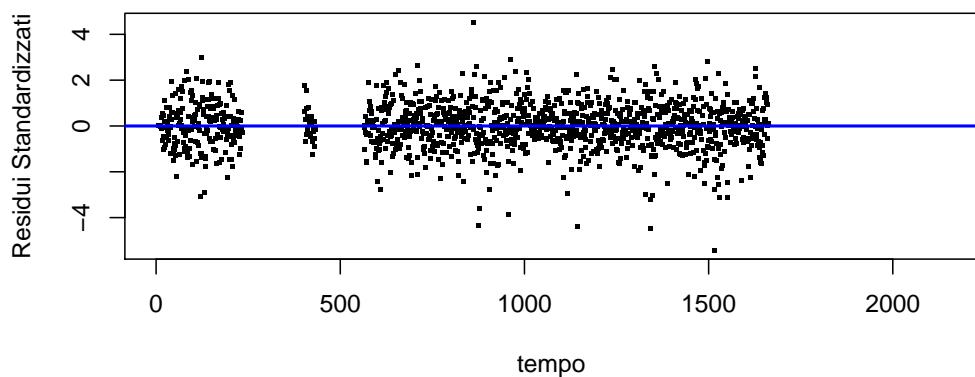
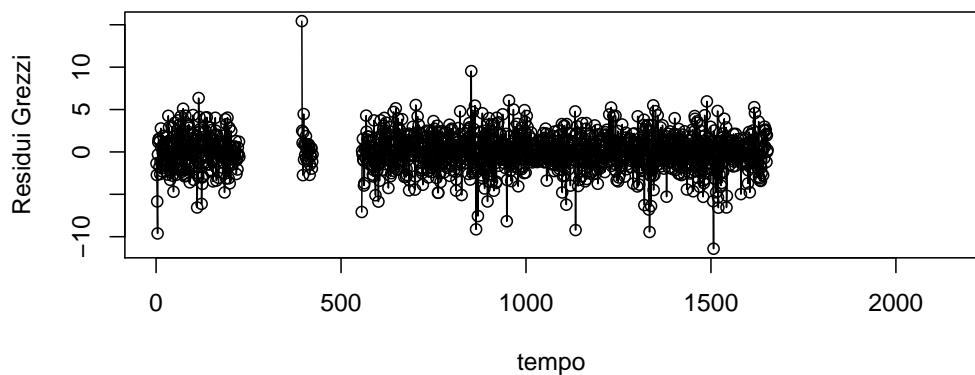


Figura 413: Analisi dei Residui - Tesi 6, Vigna 4

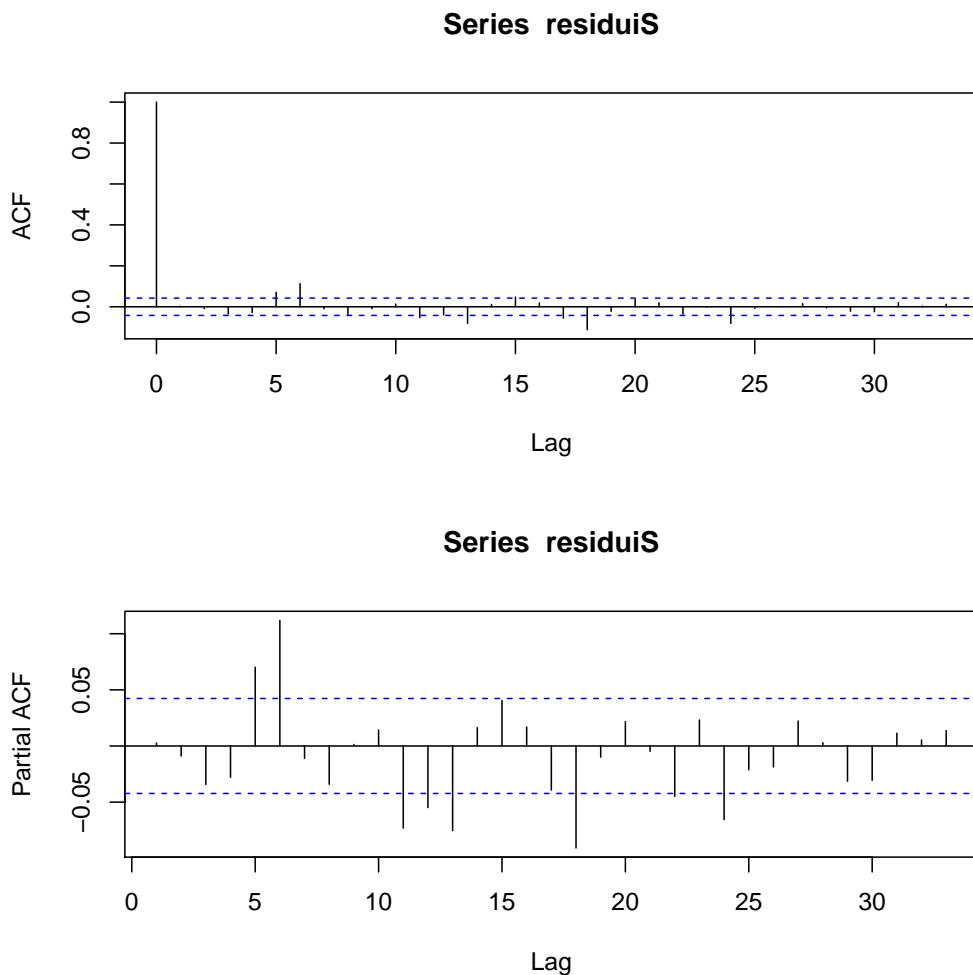


Figura 414: Grafici ACF e PACF - Tesi 6, Vigna 4

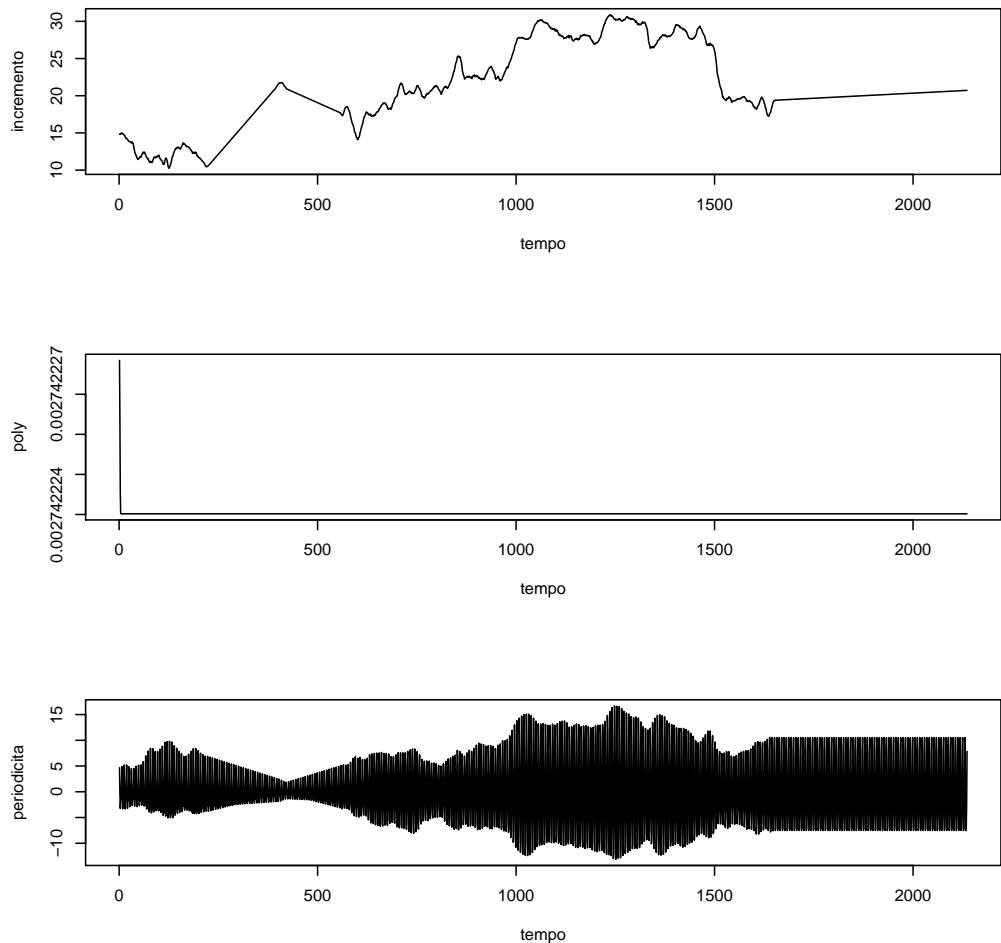


Figura 415: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 6, Vigna 4

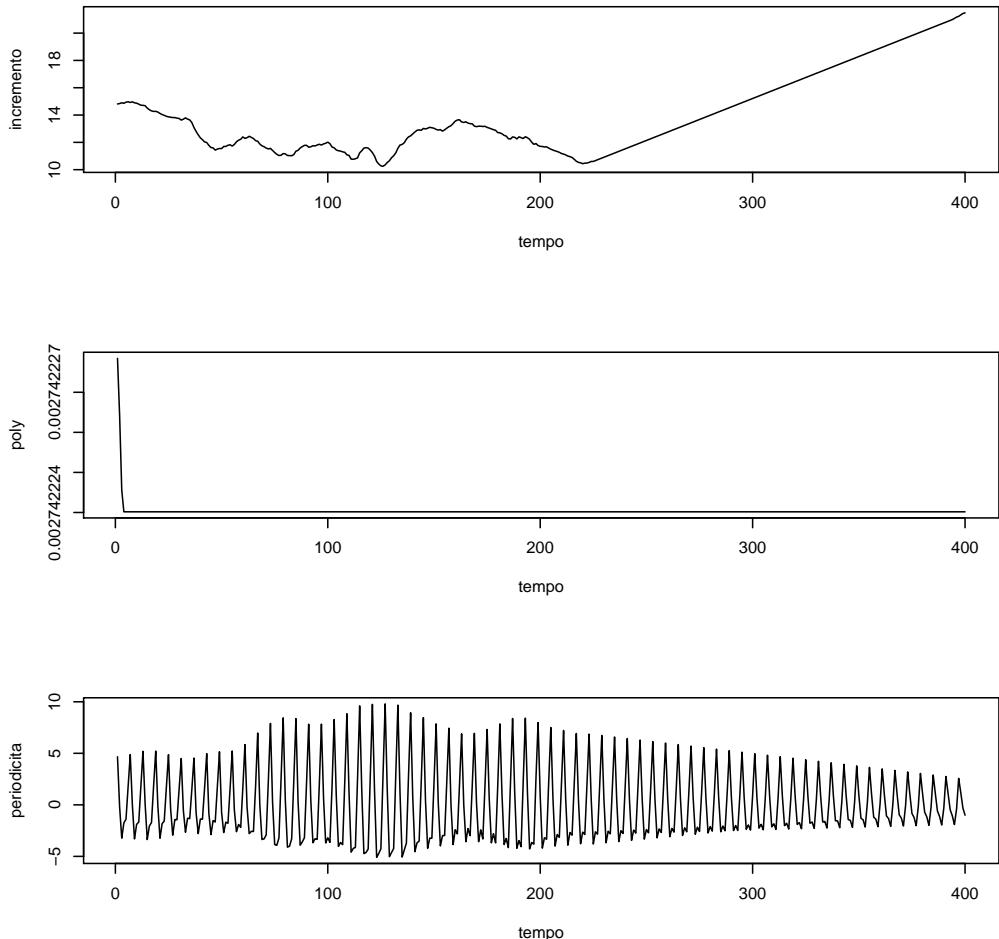


Figura 416: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 6, Vigna 4

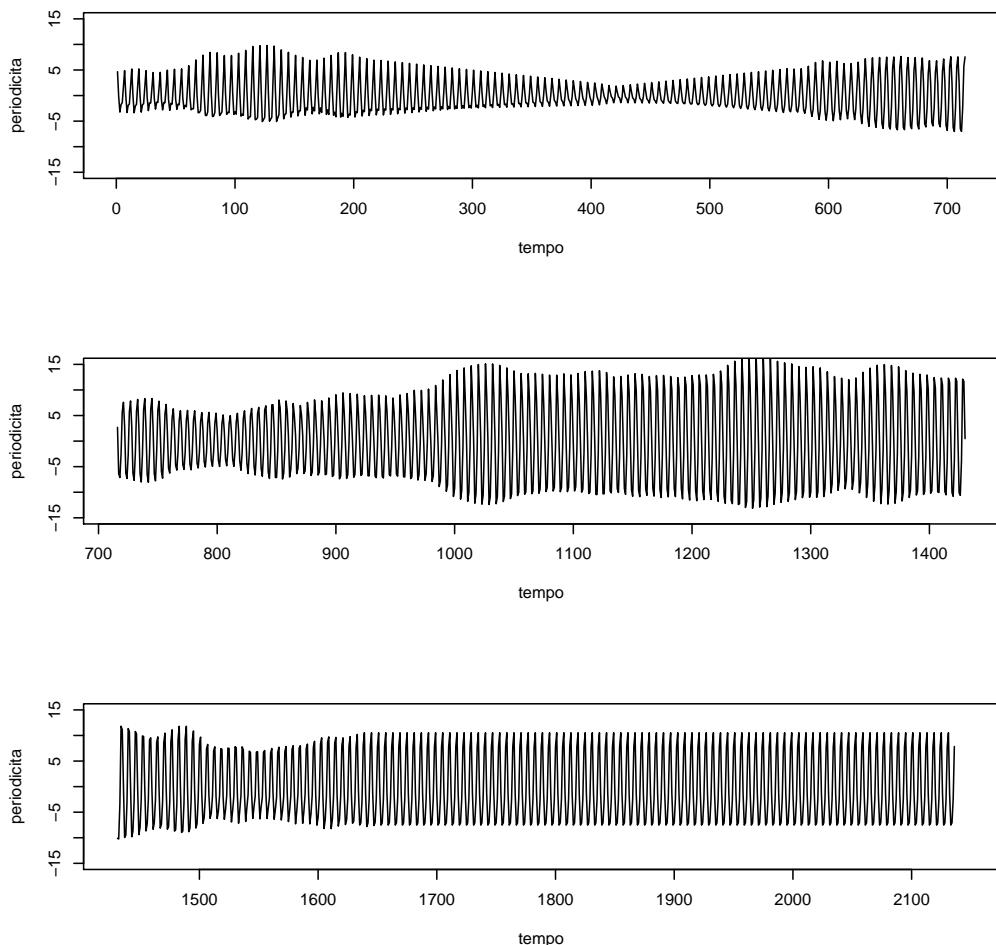


Figura 417: Componente Periodica - Tesi 6, Vigna 4

3.5.7 Slave Vigna 4 - Tesi 7

Il modello migliore risulta essere quello con tre armoniche e AR = 3.

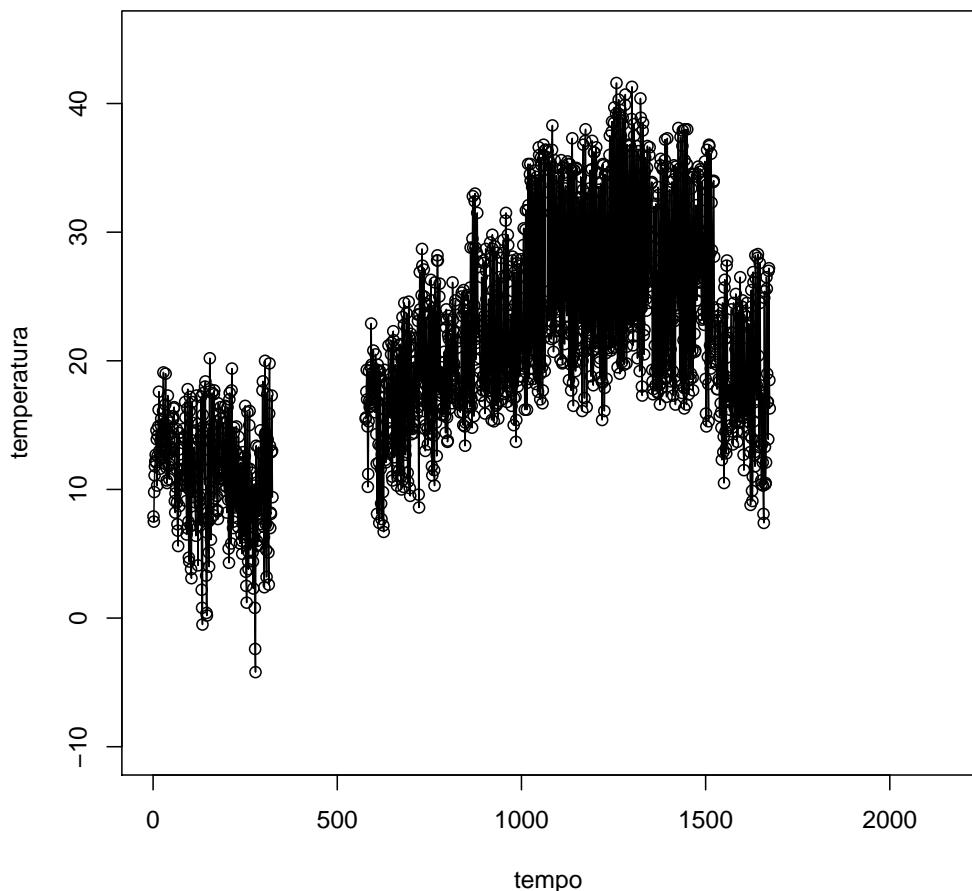


Figura 418: Dati Osservati - Tesi 7, Vigna 4

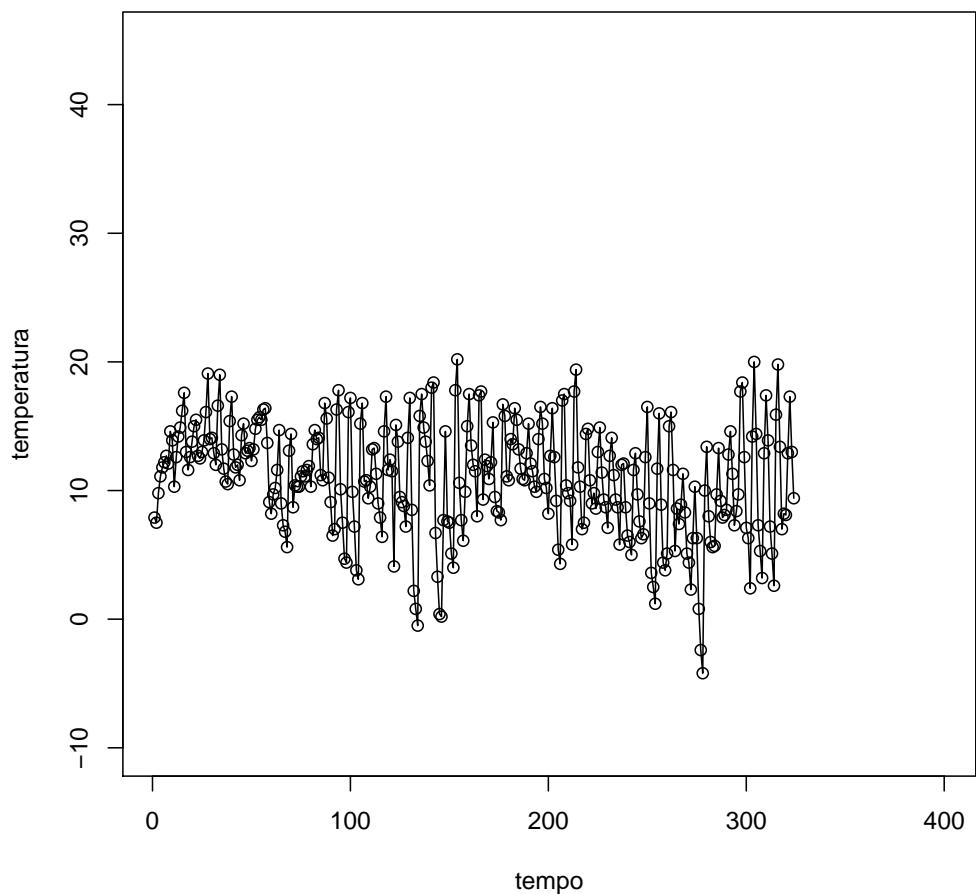


Figura 419: Dati Osservati (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 4

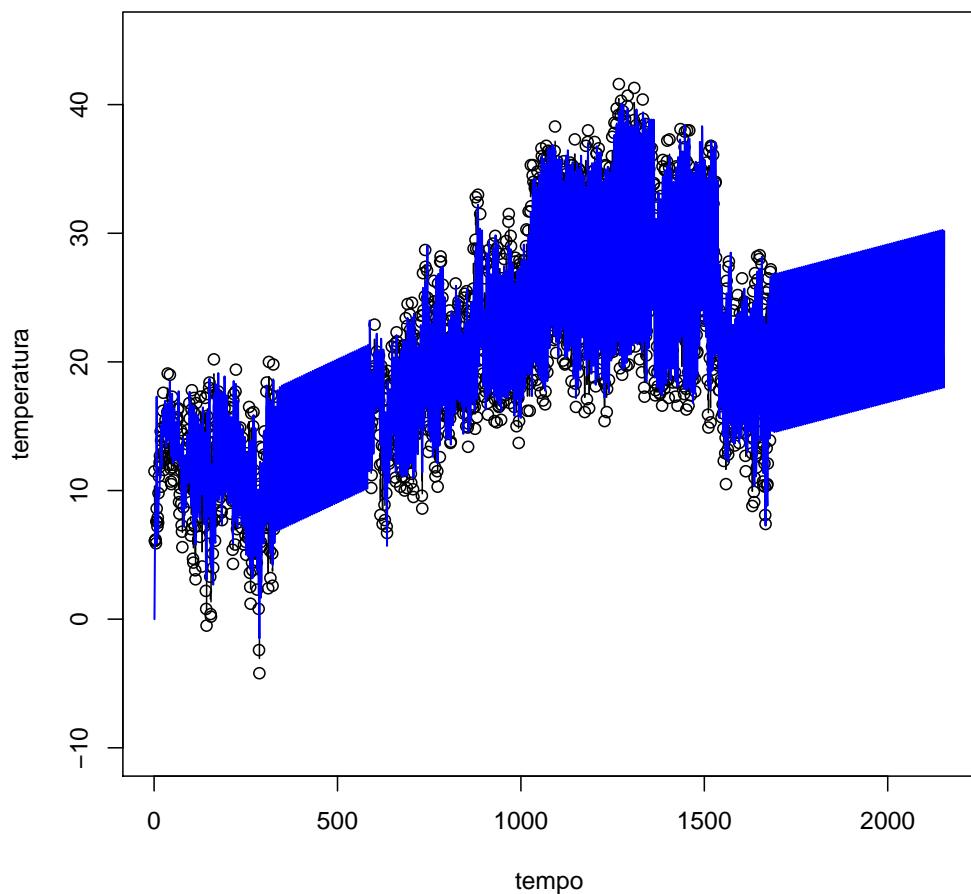


Figura 420: Imputazione dei dati mancanti - Tesi 7, Vigna 4

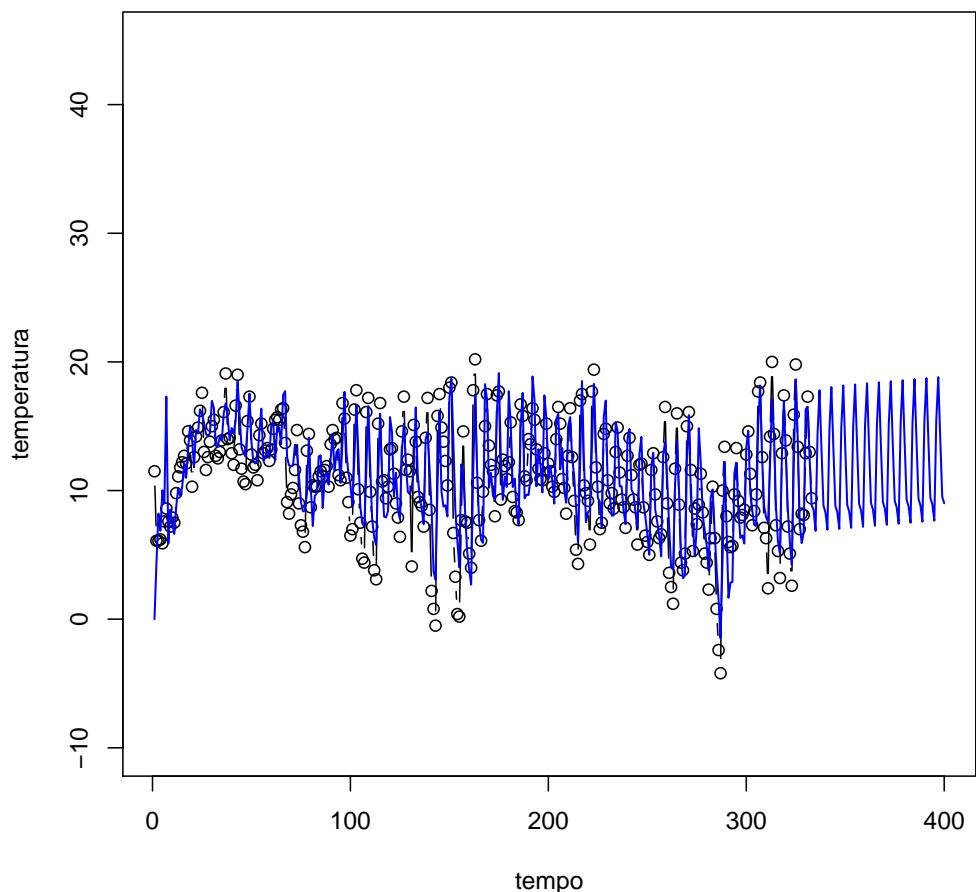


Figura 421: Imputazione dei dati mancanti (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna
4

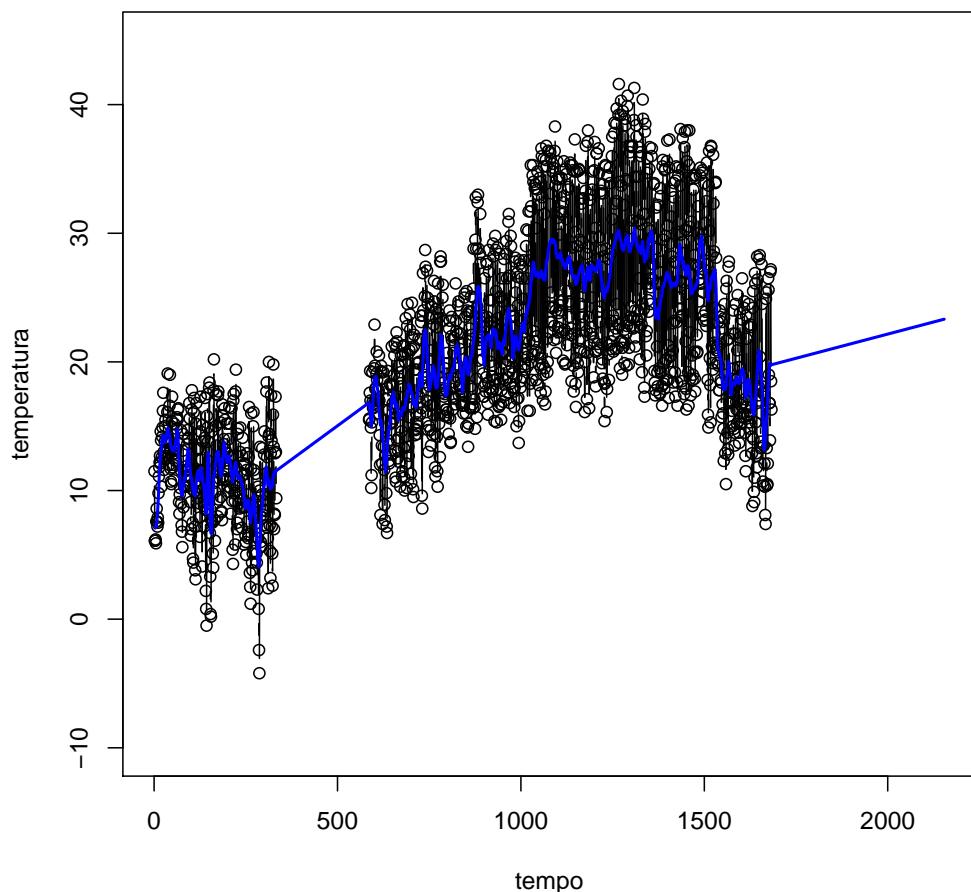


Figura 422: Smoother di Kalman - Tesi 7, Vigna 4

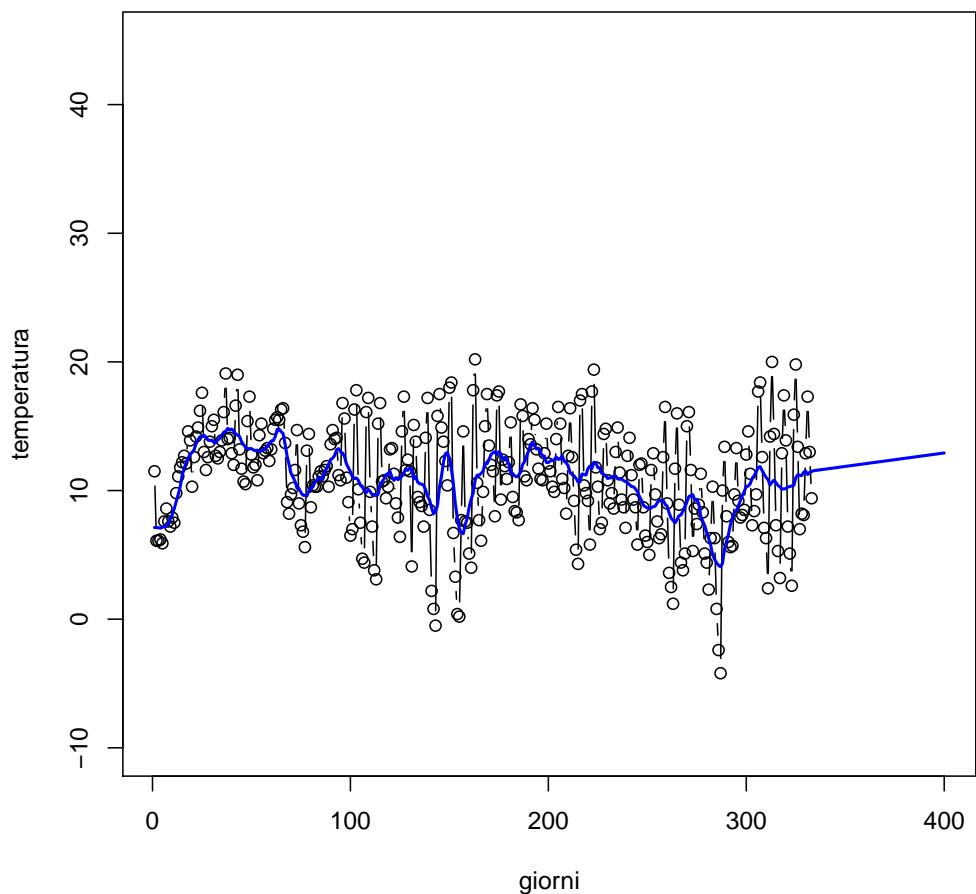


Figura 423: Smoother di Kalman (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 4

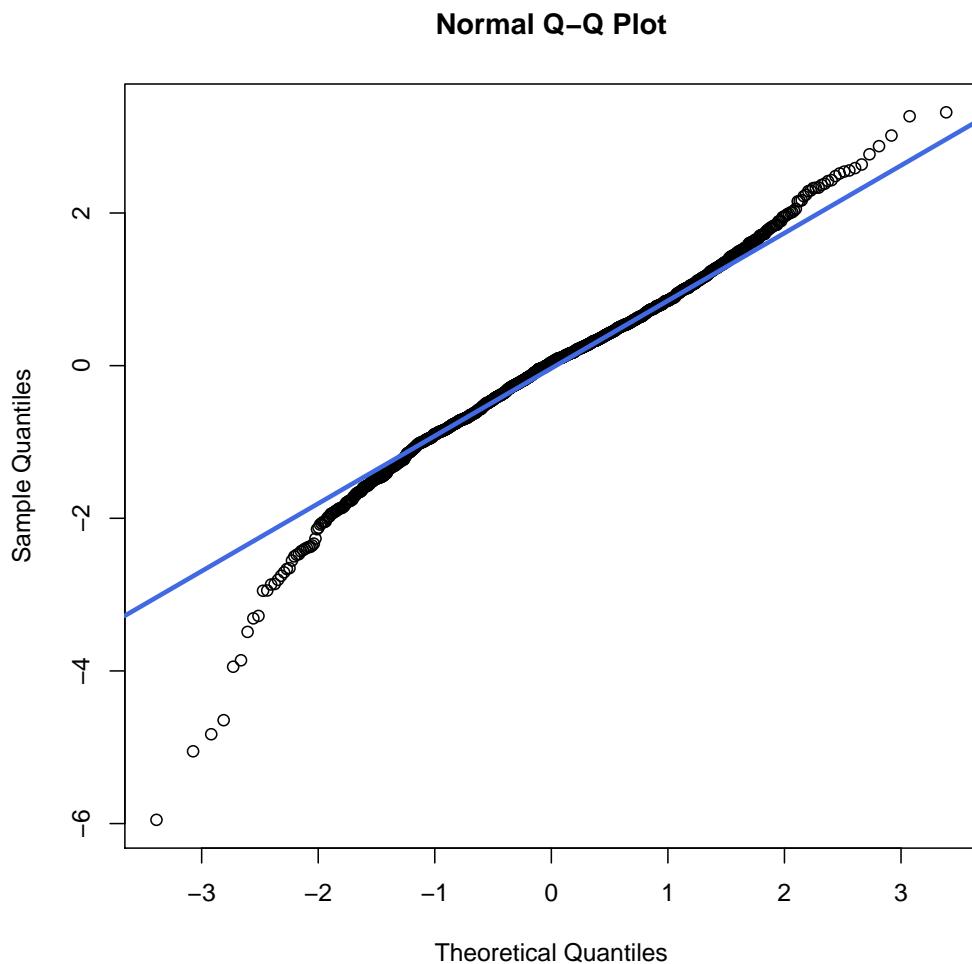


Figura 424: Q-Qplot - Tesi 7, Vigna 4

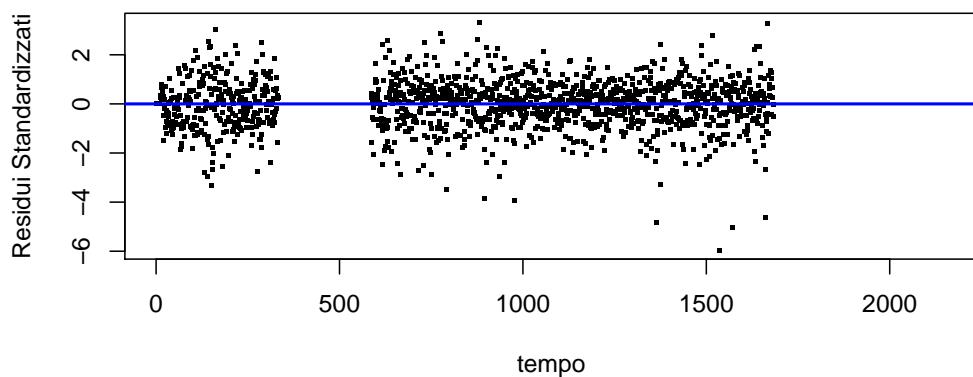
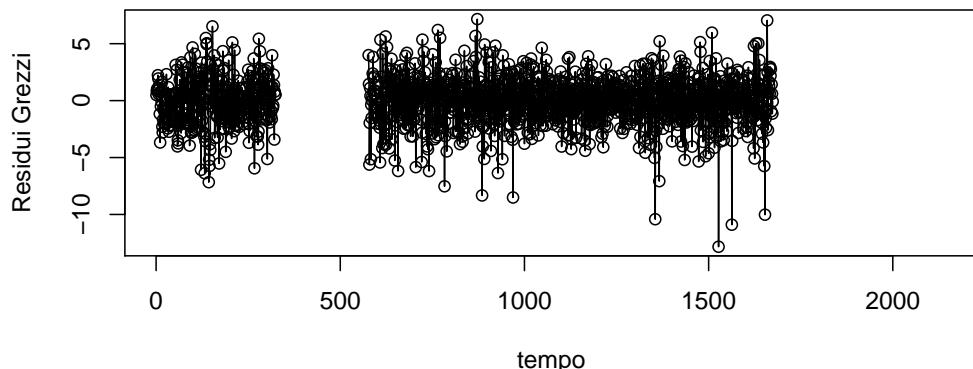


Figura 425: Analisi dei Residui - Tesi 7, Vigna 4

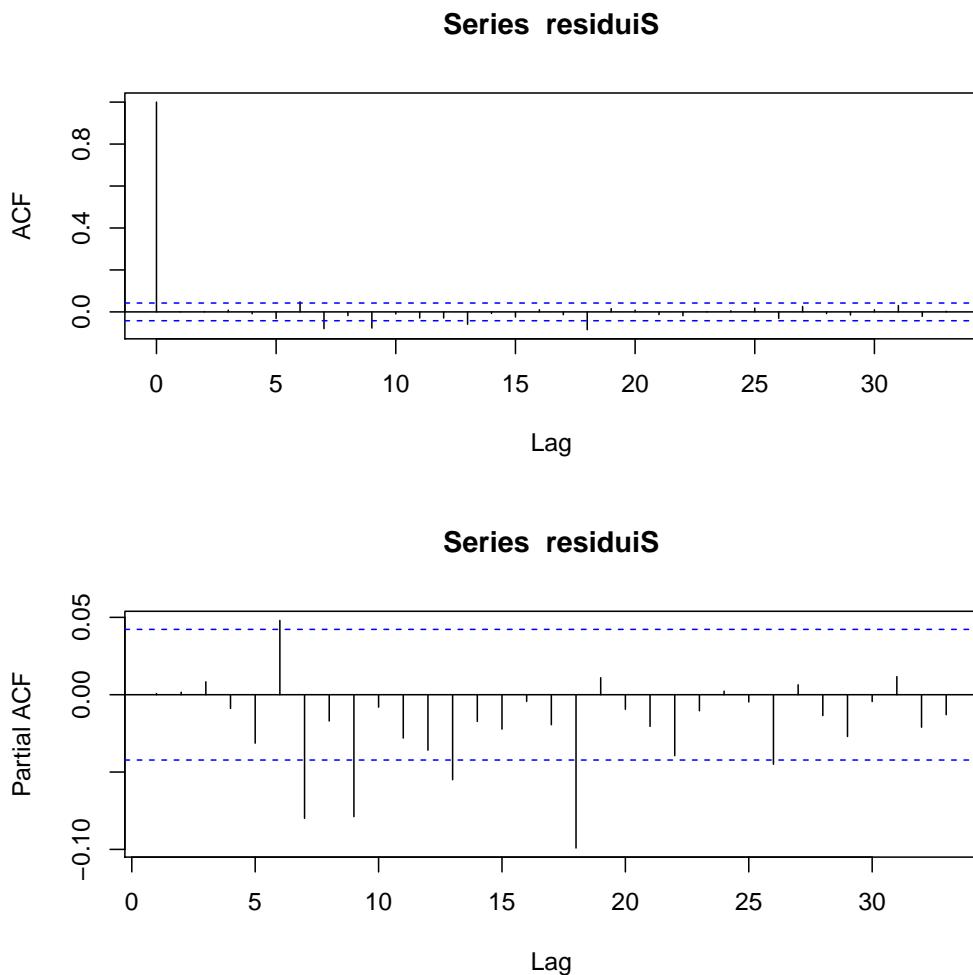


Figura 426: Grafici ACF e PACF - Tesi 7, Vigna 4

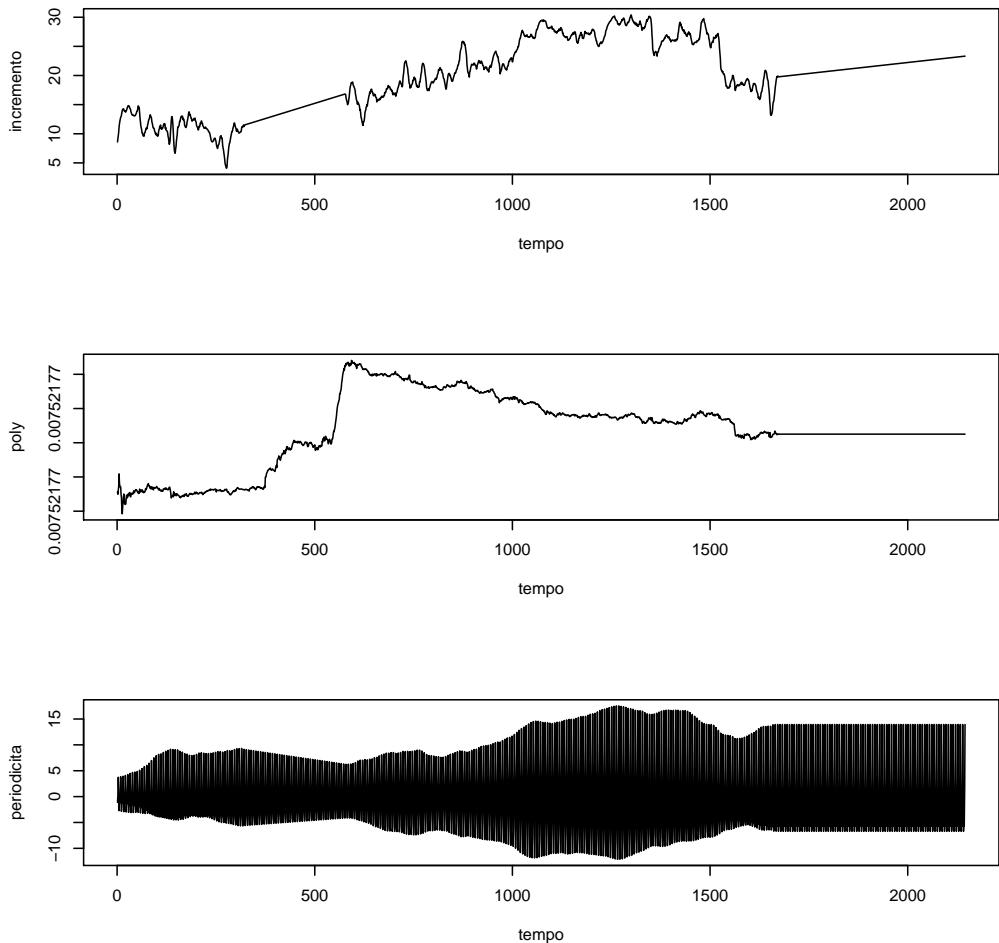


Figura 427: Analisi delle Componenti: Incremento, Poly, Periodicità - Tesi 7, Vigna 4

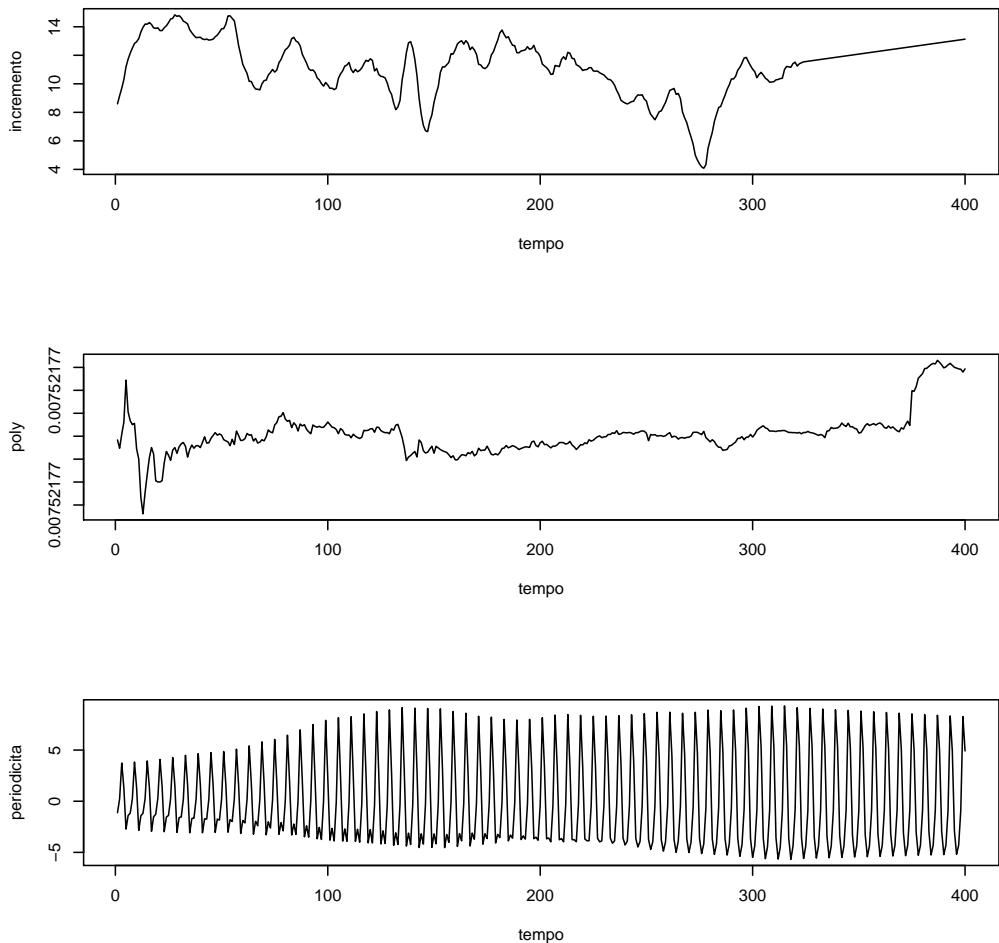


Figura 428: Analisi delle Componenti (100 giorni iniziali) - Tesi 7, Vigna 4

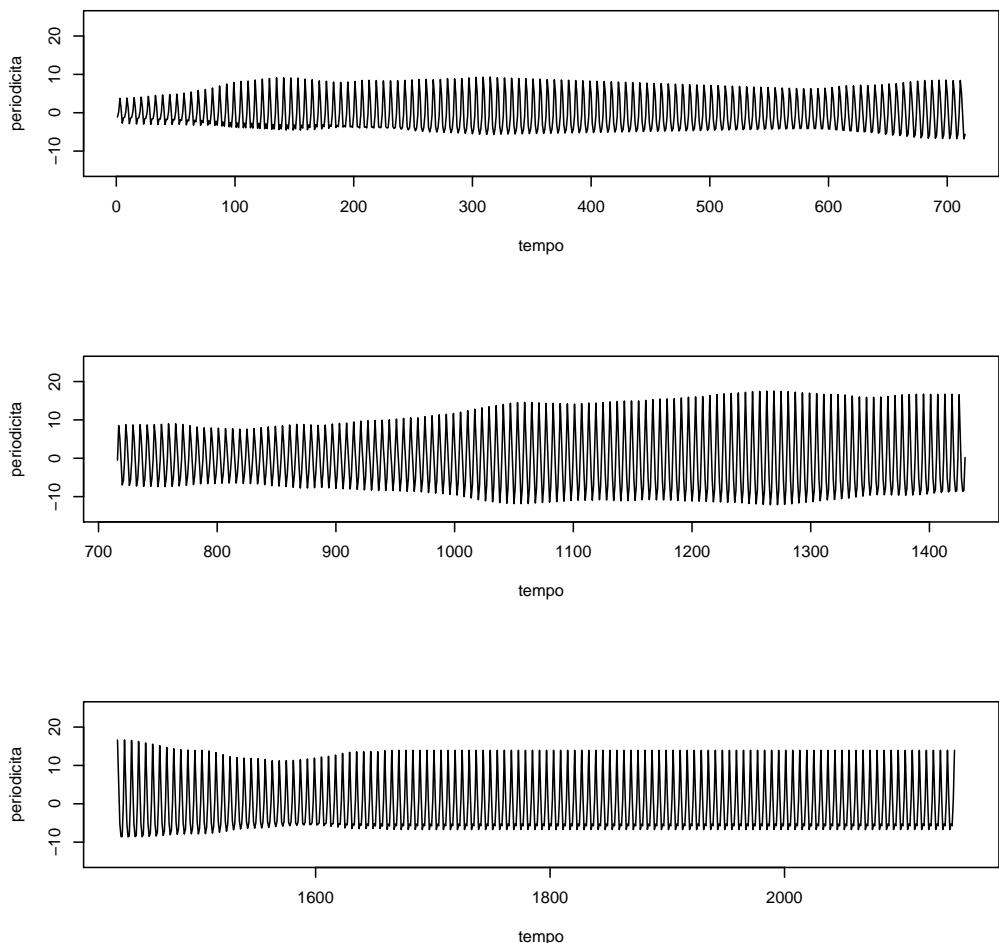


Figura 429: Componente Periodica - Tesi 7, Vigna 4

3.5.8 Scatter Plots Residui Slaves Vigna 4

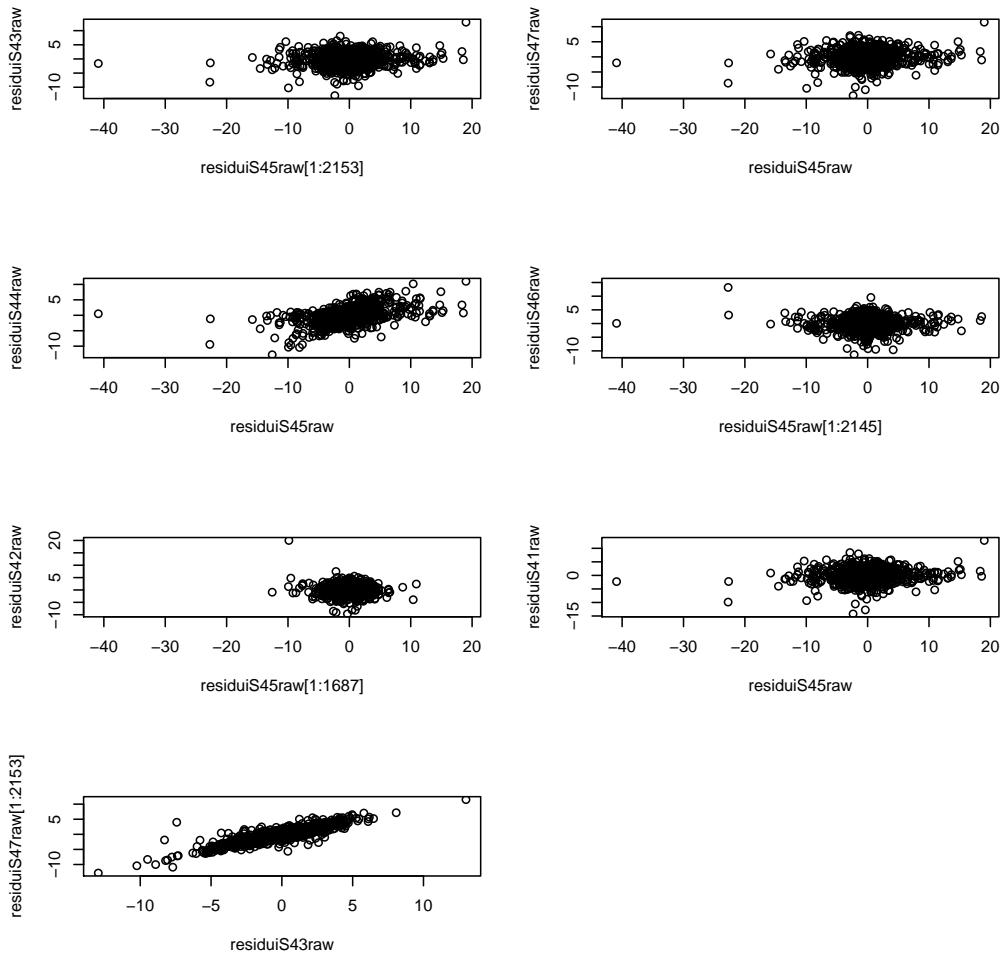


Figura 430: Scatter plots residui - Slaves Vigna 4

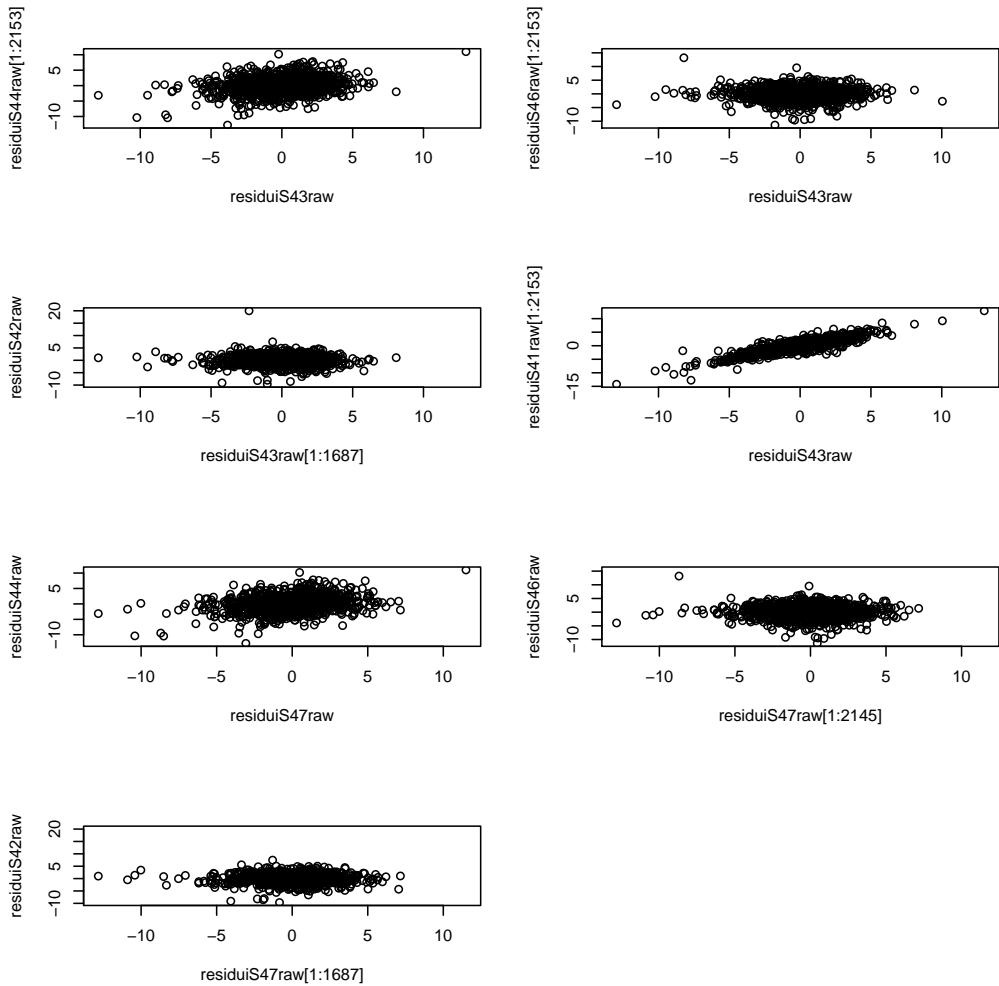


Figura 431: Scatter plots residui (2) - Slaves Vigna 4

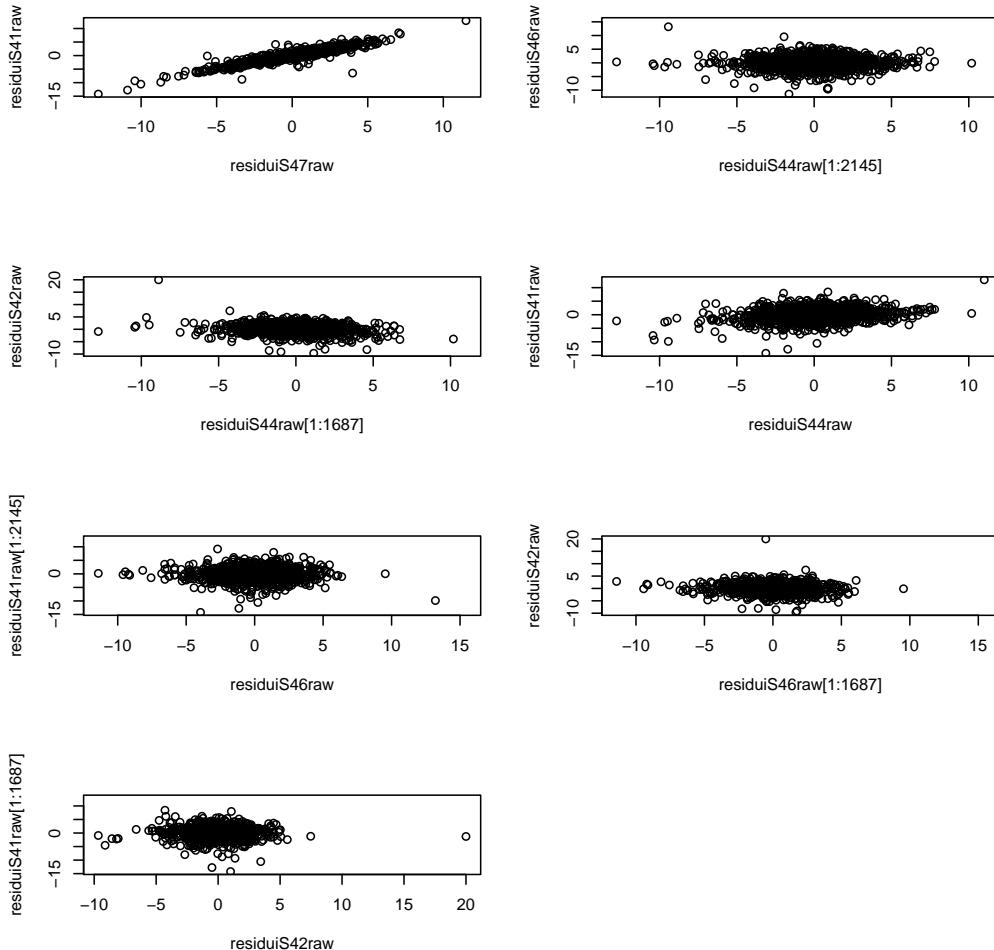


Figura 432: Scatter plots residui (3) - Slaves Vigna 4

4 Discussione

E' stato sviluppato un modello lineare dinamico che produce valori attesi condizionati per tutti i dati mancanti presenti nella serie storica.

Tuttavia, a seguito di un confronto con altri partner scientifici del gruppo di ricerca, sono state prese in considerazione alcune migliorie che renderebbero il modello ancora più efficace.

Una di queste è la possibilità di analizzare la media delle temperature nelle quattro ore al posto delle temperature selezionate ogni quattro ore. L'analisi dei dati aggregati potrebbe migliorare ulteriormente l'andamento dei residui del modello.

Lo sviluppo del modello che utilizza la media delle temperature è stato già effettuato e siamo in attesa della serie storica prodotta dai partner di progetto per procedere nell'analisi.

Un'altro punto di sicuro interesse riguarda il confronto tra le periodicità delle tesi che presentano una spiccata differenza strutturale rispetto al master. Questo approfondimento è stato interrotto in attesa di ricevere dai partners la corrispondenza tra osservazioni e data di calendario.

Queste difficoltà di interpretazione e di ricezione dei dati hanno influito negativamente non solo sull'analisi della temperatura dell'aria, ma hanno anche precluso l'analisi di eventuali altre serie storiche relative ad altre variabili di interesse. L'analisi dei residui che abbiamo richiesto per valutare l'esistenza di covariate informative non è ad oggi disponibile, ma se tali covariate esistessero potrebbero essere introdotte nel modello e migliorare la qualità delle stime e finanche rilevare ulteriori aspetti strutturali.

Riferimenti bibliografici

- [1] West M., Harrison J., 1989, Bayesian Forecasting and Dynamic Models, Springer Series in Statistics, New York.
- [2] Bjarke Mirner Klein, 2003, State Space Models for Exponential Family Data, Ph.D.Thesis, Department of Statistics, University of Southern Denmark.
- [3] Albert J., 2007, Bayesian Computation with R, Springer Verlag, New York.
- [4] Marin J.M., Robert C.P., 2006 Bayesian Core: A Practical Approach to Computational Bayesian Statistics, Springer Verlag, New York.